LIEUTENANT P. DUCRETET

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

TÉLÉGRAPHIE ET DE TÉLÉPHONIE

SANS FIL

(Applications Militaires et Maritimes)



PARIS

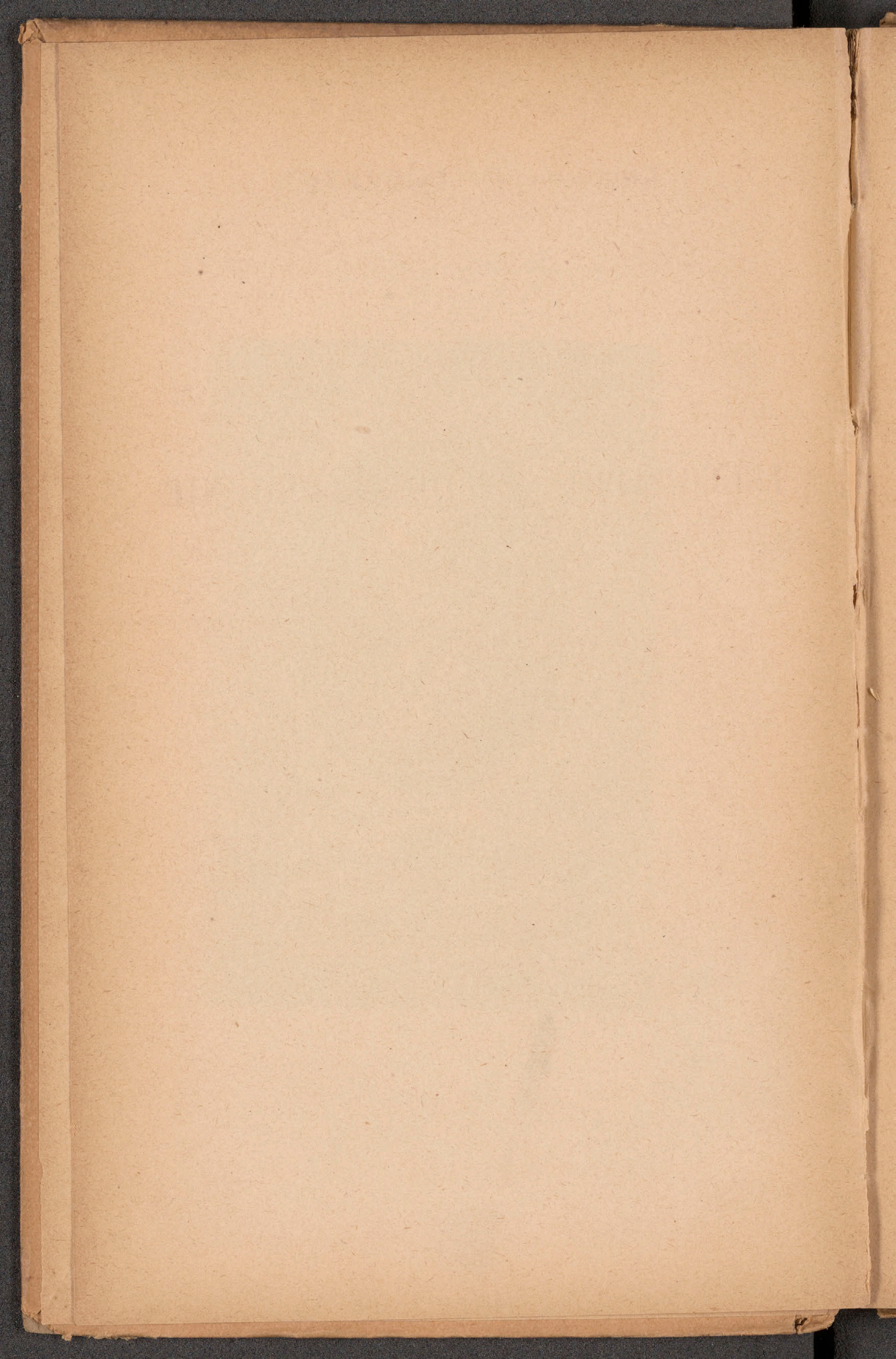
AIRIE MILITAIRE R. CHAPELOT & Cie

30, RUE ET PASSAGE DAUPHINE

~~~

◆ 1903 ◆
~~~





LIEUTENANT P. DUCRETET

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

TÉLÉGRAPHIE ET DE TÉLÉPHONIE

SANS FIL

(Applications Militaires et Maritimes)



PARIS

LIBRAIRIE MILITAIRE R. CHAPELOT & Cie

30, RUE ET PASSAGE DAUPHINE

1903

IMP. BARÉ A GUISE (AISNE)

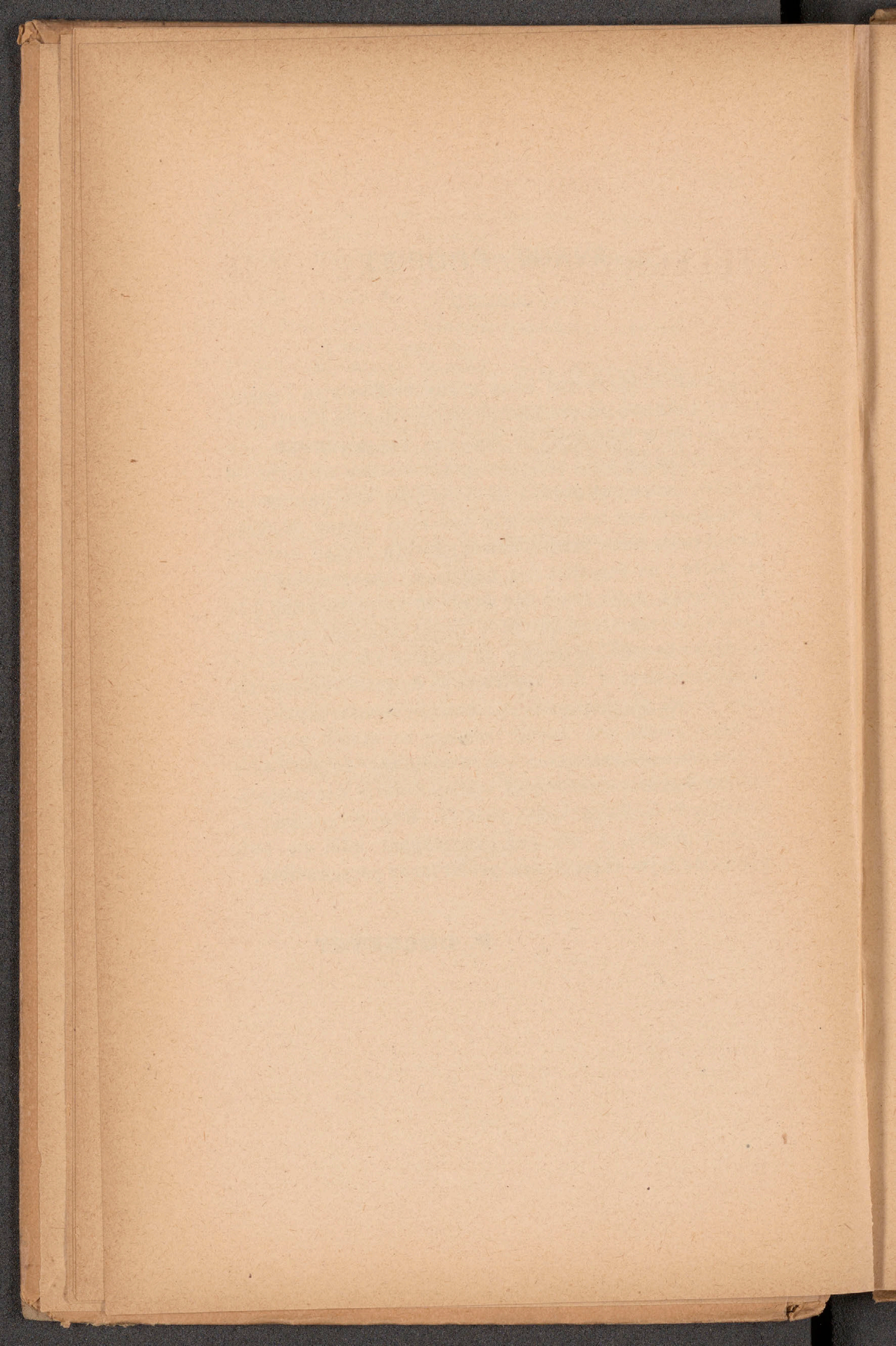
TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

Les expériences que nous avons réalisées en Tunisie (Avril 1902) avec la précieuse collaboration du Lieutenant Melin, du 4e Régiment de Zouaves, les documents que nous avons pu nous procurer grâce à notre situation de famille, nous ont permis de nous faire une impression personnelle sur les appareils que nous allons décrire. Avant tout, nous nous sommes efforcés d'être simples et clairs ; en écartant les détails de construction trop techniques, notre but a été de placer ce petit traité à la portée de tous. Ceux qui nous liront pourront ainsi, en quelques heures, se mettre au courant des origines, du fonctionnement et des applications de cette Télégraphie sans fil qui passionne actuellement le monde entier.

Nous avons cru devoir terminer ce traité par une " *Conférence élémentaire* ", très résumée, ne contenant que les données strictement indispensables à la compréhension de la Télégraphie sans fil. Muni de ce canevas, chacun pourra, à son gré, développer telle ou telle partie du sujet suivant ses préférences personnelles.

P. DUCRETET



~~~ 1903 ~~~

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

TÉLÉGRAPHIE et de TÉLÉPHONIE

SANS FIL

(*Applications Militaires et Maritimes*)

PAR

LE LIEUTENANT P. DUCRETET

CHAPITRE PREMIER

PRÉLIMINAIRES

§ I.— **La Télégraphie à travers les âges.**— L'emploi de la Télégraphie sans fil remonte aux origines mêmes de l'humanité. Dans tous les auteurs, on retrouve la trace de procédés divers permettant aux hommes de transmettre leur pensée à travers l'espace dans un langage de convention, parfois assez loin et avec rapidité, ceci sans l'intervention d'aucun conducteur intermédiaire.

Ces moyens de transmission étaient surtout suscités par les besoins de la guerre ; ils étaient plus rapides que les estafettes et surtout plus pratiques, car ils pouvaient s'employer par dessus les lignes ennemies, les larges cours d'eau et les grandes forêts qui couvraient alors la surface du globe.

Les mouvements d'étendards, de torches, les fanaux, les feux de broussailles, la répercussion des chocs, etc., étaient les agents indiqués de cette Télégraphie primitive.

L'invention des lunettes d'approche (vers 1600) permit d'augmenter sensiblement la portée des signaux.

Mais c'est seulement en 1792 qu'apparut le premier télégraphe aérien comportant une installation stable.

Il fut inventé par le français Claude Chappe. Cet appareil, fort simple et très connu, a longtemps subsisté en France
~~~

où il a rendu de signalés services. Son code comprenait 98 signaux différents. Les stations télégraphiques Chappe étaient placées sur des points culminants espacés de 10 à 20 kilomètres suivant la nature du pays ; les signaux étaient observés à la longue-vue.

Une des premières lignes créées, celle de Paris-Lille, comprenait 16 stations ; par répétitions successives, un signal mettait environ 4 minutes pour aller d'une ville à l'autre. Dès son établissement, cette ligne permit de transmettre à la Convention la nouvelle des victoires de l'armée du Nord (1793). En 1846, la France possédait un réseau télégraphique Chappe de 5.000 kilomètres, desservi par 534 stations.

§ II.— **Invention de la Télégraphie optique.**— La Télégraphie optique elle aussi se passe de conducteur intermédiaire. En 1820, l'Ingénieur allemand Gauss invente l'héliotrope; cet instrument fort simple comprenait essentiellement un petit miroir plan recevant les rayons solaires, ces rayons étaient ensuite dirigés à volonté vers un point quelconque de l'horizon à des distances dépassant 40 kilomètres. L'héliotrope, destiné à son origine aux travaux géodésiques, devint bientôt un puissant transmetteur de signaux optiques. En 1848, il fut employé dans ce but par l'armée prussienne Modifié par Mance, il est en usage de nos jours dans l'armée anglaise qui s'en est servie avec succès, paraît-il, pendant la guerre du Transvaal.

En France, l'étude de la Télégraphie optique fut reprise après la guerre de 1870, par le Colonel Laussedat, puis par le Colonel Mangin qui l'amenèrent au degré de perfection exigé par la puissance de notre outillage militaire.

Son principe peut être ainsi résumé : une source lumineuse placée soit au foyer d'un grand objectif d'émission, soit au foyer d'un miroir concave, est projetée à distance dans une direction donnée en un faisceau lumineux qui peut être intercepté, sur l'appareil émetteur même, par alternances brèves ou longues, au moyen d'un interrupteur mobile appelé manipulateur. Ces alternances, brèves ou longues, correspondent aux signaux du Code Morse, par points et par traits, utilisés en Télégraphie électrique.

Nous ne parlerons pas ici de la Télégraphie électrique avec fil que tout le monde connaît ; on en trouvera une description sommaire dans la Conférence élémentaire qui termine ce

traité. Par ce rapide historique nous avons simplement voulu prouver que la transmission des signaux à distance sans conducteur intermédiaire n'était pas une chose nouvelle : dans la Télégraphie optique, on utilise les vibrations lumineuses ; dans la Télégraphie acoustique, les vibrations sonores ; dans la Télégraphie électrique sans fil, les vibrations électriques. Comme nous allons le voir, ces vibrations présentent entre elles de nombreuses analogies, et nous pouvons relever une fois de plus les traces de l'unité qui règne dans la nature.

§ III. — **Vibrations sonores.** — Un son est le résultat d'un mouvement vibratoire de l'atmosphère et on constate aisément que les sons de différentes hauteurs correspondent à des nombres différents de vibrations dans le même temps. Quand un son est émis, il se transmet circulairement dans tout l'espace environnant, avec la même intensité partout, s'il n'est pas dirigé. La tranche d'air, qui est en contact immédiat avec la source sonore, vibre, transmet son mouvement à la tranche voisine qui vibre à son tour, puis à la suivante, etc.

La propagation des ondes sonores peut être comparée à celle que l'on observe à la surface des eaux tranquilles lorsqu'un ébranlement vient à être communiqué à l'un des points de cette surface : ainsi, lorsqu'une pierre est projetée dans une nappe d'eau, les ondes produites se transmettent circulairement avec la même intensité partout ; à mesure que la distance augmente, elles vont en s'affaiblissant, tout en restant équidistantes. On peut aisément montrer la transmission et la réception des ondes sonores soit en utilisant l'oreille comme récepteur, soit en plaçant sur le trajet de ces ondes un corps capable de vibrer à l'unisson de la source. — Par exemple, faisons vibrer un diapason ; plaçons en un point quelconque de la périphérie, à une certaine distance, un autre diapason identique bien accordé avec le premier ; en vertu d'un phénomène connu dit de résonance, ce deuxième diapason recueillera en quelque sorte les ondes émises par l'autre et vibrera à son unisson.

Ajoutons que les ondes sonores peuvent être transmises par réflexion et dirigées dans l'espace.

Pour être complet, disons quelques mots de la longueur d'onde, dans laquelle intervient la vitesse des vibrations.

Nous savons que la vitesse du son dans l'air est de 340 mètres par seconde à + 16° centigrades. Un corps vibrant

détermine une série d'ondes équidistantes représentées par la figure 1; la distance de deux ondes consécutives est égale au chemin parcouru par une de ces ondes pendant le temps d'une oscillation complète du corps vibrant; cette distance, c'est la longueur d'onde, que l'on désigne généralement par

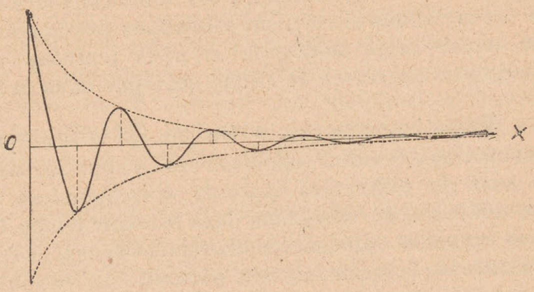


Fig. 1

la lettre λ. Si le son parcourt V mètres à la seconde et si le corps vibrant accomplit pendant ce même temps n oscillations, nous aurons ; $\lambda = \frac{V}{n}$ mètres.

§ IV.— **Vibrations lumineuses.** — Tout ce qui vient d'être dit au sujet des vibrations sonores s'applique essentiellement aux vibrations lumineuses. De même que le son, la lumière est due à un mouvement vibratoire ; la principale différence est que la période de vibration est considérablement plus courte et que la vitesse de propagation est beaucoup plus grande : environ 300.000 kilomètres à la seconde.

L'énergie lumineuse produite en un point se répand, comme l'énergie sonore, dans toutes les directions autour de la source ; mais on peut éviter cette dissémination : exemple, le projecteur des télégraphes optiques dont nous avons parlé au § II.

§ V.— **Vibrations électriques.**— De même qu'il existe des vibrations sonores et des vibrations lumineuses, il est possible d'obtenir des vibrations électriques, c'est-à-dire des déplacements d'électricité régulièrement rythmés, alternativement dans un sens et dans un autre. Ce sont ces vibrations que nous allons utiliser dans la Télégraphie électrique sans fil.

§ VI.— **Phénomènes d'induction.** — Par la découverte de Faraday, en 1831, on sait qu'un courant électrique variable ou intermittent, qui circule dans un circuit (inducteur), fait naître par influence un courant électrique dans un circuit voisin (induit) ne contenant aucune source d'électricité et bien isolé du premier (*Voir* § *IX*).

On conçoit aisément qu'une semblable découverte ait fourni le moyen d'envoyer des signaux à distance sans l'intermédiaire d'aucun fil conducteur entre les postes ; c'est là la véritable origine de la Télégraphie électrique sans fil.

Le système de Faraday, dit électro-magnétique par induction, fut employé avec succès en 1892 par l'Ingénieur anglais W. Preece, dans le canal de Bristol, à plusieurs kilomètres de distance : de longs fils conducteurs étaient tendus parallèlement sur les rives, avec piles et interrupteur pour transmettre, et téléphone pour recevoir. (*Voir* § *XXVIII.*)

Les mêmes effets d'induction se produisent avec des décharges électriques sous forme d'étincelles. Si, dans un premier circuit disposé en spirale S (fig.2), on fait passer des décharges

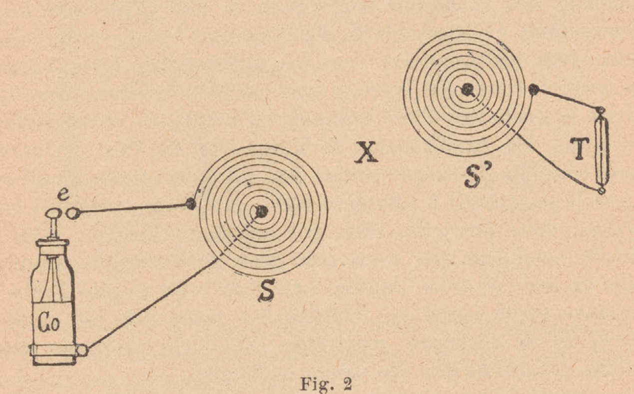


Fig. 2

électriques au moyen d'une bouteille de Leyde Co (condensateur), les étincelles qui jaillissent en e font naître à distance dans une deuxième spirale S', parallèle à la première, des courants induits très actifs pouvant illuminer un tube de Geissler T ou actionner un téléphone mis à la place du tube T. L'espace X, entre S et S', se trouve donc ainsi franchi par les courants induits.

§ VII. — **Expériences d'Henri Hertz.** — Les effets d'induction, avec les ressources dont on disposait, ne pouvaient être sensibles qu'à de faibles distances. Ce furent les brillantes expériences du Professeur allemand Henri Hertz, en 1887, qui firent entrer la question dans une nouvelle phase.

Déjà, en 1867, Maxwell avait conclu que les vibrations électriques se transmettaient dans le même milieu, l'éther, avec la même vitesse (300.000 kilomètres par seconde) que les vibrations lumineuses. Suivant lui, il y avait donc non pas seulement analogie, mais identité entre les deux phénomènes, électricité et lumière, auxquels il assignait une même origine. La seule différence consistait dans la fréquence, c'est-à-dire le nombre des vibrations ou oscillations complètes produites pendant une seconde. Pour fixer les idées, rappelons que la durée de certaines vibrations lumineuses est environ la milliardième partie d'un millionième de seconde et que les vibrations électriques sont dix millions de fois plus lentes.

Henri Hertz résolut de donner une base expérimentale aux hypothèses hardies de Maxwell. Le meilleur moyen de prouver l'identité des vibrations électriques et des vibrations lumineuses était évidemment de montrer que l'on pouvait reproduire avec les premières tous les phénomènes obtenus avec les autres. Hertz eut recours aux oscillations électriques que donne la décharge d'une bouteille de Leyde ou condensateur.

Depuis les expériences de Helmholtz, en 1847, on savait que l'étincelle électrique n'était pas un phénomène aussi simple qu'il paraissait à première vue ; que, dans certaines conditions, cette étincelle, bien que semblant unique, était en réalité constituée par toute une série de décharges alternant dans un sens et dans l'autre. Une feuille de papier T, fig. 3, déplacée rapidement en E entre les tiges A B au moment précis de la décharge électrique, montrera plusieurs perforations produites par une seule décharge.

La rapidité de ces alternances est d'ailleurs telle que notre œil, même exercé, même prévenu, ne peut avoir et n'a que l'impression d'un seul trait lumineux. C'est ainsi qu'un pendule écarté de la verticale et laissé à lui-même, ne revient à sa première position qu'après une série d'oscillations. Pour nous faire mieux comprendre encore, procédons par analogie avec un phénomène hydraulique bien connu.

Prenons deux longs tubes de verre T et T' (fig. 4), communiquant ensemble à leur partie inférieure au moyen d'un tube

de caoutchouc J J. Avec une pince P, exerçons une pression empêchant la communication entre les deux tubes, puis versons un liquide coloré dans une des deux branches, T par exemple. Si nous supprimons vivement la pression P, le liquide passera rapidement d'une branche à l'autre et le niveau s'égalisera dans les deux tubes de verre. Le phénomène se produira-t-il d'un seul coup?—Nous savons que non : le liquide ne se mettra au niveau N N dans les deux tubes de verre T et T' qu'après un certain nombre d'oscillations très nettes dans un sens puis dans l'autre, alternativement. Ces oscil-

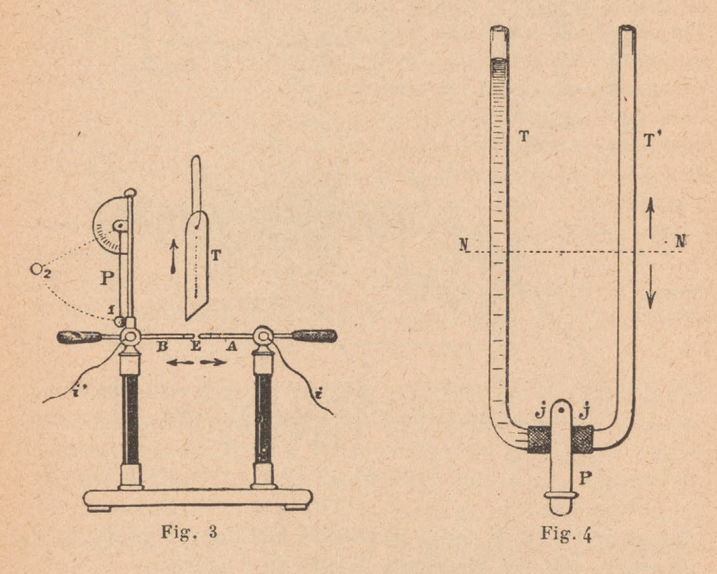


Fig. 3 Fig. 4

lations s'atténuent ou disparaissent si on ouvre lentement la pince P de façon à opposer une résistance au liquide qui tend à passer d'une branche à l'autre.

C'est ainsi que les oscillations électriques se produisent, au moment de la décharge électrique, sous forme d'étincelle entre les conducteurs, lorsque la charge est suffisamment élevée (fig. 3). On peut représenter par la courbe de la figure 1 l'allure de la décharge oscillante ; elle est constituée par deux décharges successives de sens contraire ; cet aller et ce retour du courant ont une durée constante, tandis que l'intensité maxima ou amplitude de chaque oscillation va en diminuant de plus en plus.

Henri Hertz entreprit l'étude de ces décharges oscillantes et voici comment il opéra : les deux pôles du circuit induit i i' d'une bobine de Ruhmkorff (fig. 5) étaient reliés respectivement à deux petites sphères métalliques e e', très voisines l'une de l'autre et fixées chacune à de grandes surfaces métalliques ou capacités C C'. Dans ces conditions, les étincelles qui jaillissaient en E étaient oscillantes et leurs oscillations d'une extrême rapidité. Cet appareil est l'oscil-

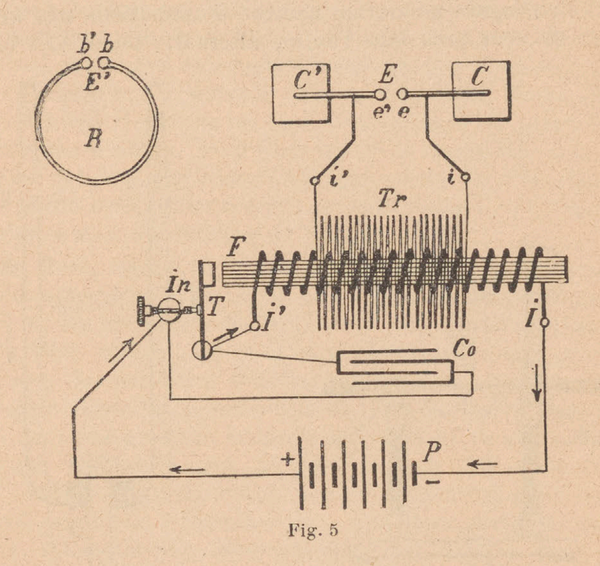


Fig. 5

lateur de Hertz ; il donne environ 50 millions de vibrations par seconde, soit des longueurs d'onde de 6 mètres :

$$\lambda = \frac{300.000.000}{50.000.000} \text{ mètres} = 6 \quad (\textit{voir le § III}).$$

Les oscillations électriques émises en E, dont nous venons de parler, donnent lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable dont les effets peuvent être observés à distance. Pour les constater, autrement dit pour « explorer le champ électromagnétique » créé par son oscillateur, Hertz employa un appareil, dit « Résonateur » ainsi conçu : un conducteur métallique R (fig. 5), recourbé en forme de cercle et dont les extrémités se terminaient par deux boules b b' à écartement variable, en principe très rapprochées l'une de l'autre. Comme on le voit, cet appareil est des plus simples. Lorsqu'il est

placé dans le voisinage d'un oscillateur de Hertz E en activité, on voit un flux de petites étincelles jaillir aussitôt entre les deux boules b et b', en E'. Ces étincelles ont le même caractère que celles observées en E : très haute fréquence ou pour parler plus exactement, très courte période.

L'effet obtenu est maximum si la capacité du résonateur R est accordée avec celle de l'oscillateur E. Il y a alors résonance électrique par application de la formule de Thomson : $T = 2 \pi \sqrt{L C}$ qui donne la période T en fonction de la self-induction L et de la capacité C des circuits E E' (fig 5).

Dans une suite d'expériences fort remarquables, mais qu'il serait trop long de décrire ici, Hertz parvint à démontrer que les vibrations électriques jouissent de toutes les propriétés des vibrations lumineuses ; elles se réfléchissent, se réfractent, elles sont arrêtées par les corps conducteurs, traversent les corps isolants, etc. Hertz détermina aussi la vitesse de propagation des ondes électriques dans l'air et trouva pour cette vitesse une valeur très voisine de celle admise pour la lumière.

Le monde savant, voulant témoigner à Hertz sa reconnaissance, donna aux oscillations électriques le nom d'ondes hertziennes.

§ VIII. — **Longueurs d'ondes nécessaires en Télégraphie sans fil.** — Pour reproduire les expériences de Hertz sur les ondulations électriques, Bose réalisa un oscillateur de très petites dimensions, à faible capacité électrique, donnant des longueurs d'onde de 6 millimètres, ce qui correspond, en vertu de la formule $\lambda = \frac{V}{n}$, à 50 milliards de vibrations électriques par seconde. Les ondes très courtes sont nécessaires pour reproduire les phénomènes électriques analogues à ceux de l'optique. En Télégraphie sans fil, au contraire, il faut obtenir des ondes suffisamment longues pour que les phénomènes de diffraction (1) deviennent sensibles et puissent permet-

---

(1) Diffraction, en optique, est le terme employé pour caractériser la modification qu'éprouve la lumière quand elle vient à raser la surface d'un corps opaque : les rayons lumineux, au lieu de continuer leur route en ligne droite, sont déviés de cette direction et en quelque sorte brisés.

En électricité, avec des ondes électriques hertziennes suffisamment grandes, les mêmes phénomènes de diffraction électrique doivent intervenir.

tre la transmission des ondes hertziennes à de grandes distances malgré l'interposition d'obstacles matériels que ces ondes doivent contourner. Pour y parvenir, il suffit d'augmenter la capacité du système par l'addition de bouteilles de Leyde ou condensateurs rendant plus lentes les oscillations de la décharge. Les courants de haute tension et de haute fréquence de Tesla permettent d'obtenir des longueurs d'ondes de 100 à 500 mètres et même bien au-delà. Du reste, nous nous proposons de revenir plus loin (§ XVII) sur ces détails très importants pour la transmission aux grandes distances des ondes hertziennes et pour l'accord des postes de Télégraphie sans fil entre eux.

§ IX.— **Bobine de Ruhmkorff.**—Il nous faut dire quelques mots de cet appareil classique employé dans les expériences de Hertz et en Télégraphie sans fil. Il constitue un véritable transformateur de l'énergie électrique permettant, au moyen d'un courant de grande intensité produit par quelques éléments de piles P (fig. 5) ou d'accumulateurs, de faible tension ou force électromotrice, d'obtenir une tension considérable capable de fournir de longues étincelles. Ce transformateur d'induction est basé sur la découverte de Faraday dont nous avons parlé plus haut (§ *VI*).

La bobine de Ruhmkorff comprend essentiellement deux circuits voisins I I', i i' (fig. 5) bien isolés l'un de l'autre ; le premier circuit (primaire) I I', à gros fil, enroulé autour du faisceau de fil de fer doux F, est l'inducteur ; le second circuit (secondaire) i i', superposé au premier, est à fil fin et très long : c'est l'induit. Si, dans le gros fil, on fait passer un courant périodiquement interrompu et rétabli par le jeu du trembleur interrupteur T, on recueille aux extrémités du fil fin, en i i', deux courants induits de sens contraire, égaux en quantité, mais très inégaux en tension. La bobine fournit alors en i i', sous forme d'étincelles puissantes, un courant interrompu, à très haute tension, toujours de même sens, qui peut charger soit les capacités *C C'*, soit des bouteilles de Leyde ou condensateurs électriques.

Un condensateur Co (fig. 5), agissant pour absorber l'étincelle de rupture qui jaillit aux contacts du trembleur T, en In, complète ce transformateur classique (§ *XV*).

Le résonateur de Hertz, que nous avons décrit plus haut (§ *VII*), est un véritable récepteur d'ondes électriques, mais

il est peu sensible ; en effet l'étincelle disparaît du résonateur R (fig. 5) dès qu'on le place à une certaine distance de l'oscillateur.

Malgré les remarquables travaux de Faraday et de Hertz, la Télégraphie électrique sans fil, dont le vingtième siècle verra l'épanouissement, ne serait sans doute jamais entrée dans le domaine de la pratique sans une découverte essentielle faite en 1890 par le Professeur français Branly.

CHAPITRE II

LA TÉLÉGRAPHIE HERTZIENNE SANS FIL

DESCRIPTION DES APPAREILS.

§ X. – **Découverte de Branly.** — Voici en quoi consiste cette découverte, capitale pour la Télégraphie électrique sans fil, qui a causé une véritable révolution dans le monde scientifique. Dans un tube de verre Br (fig. 6), entre deux tampons

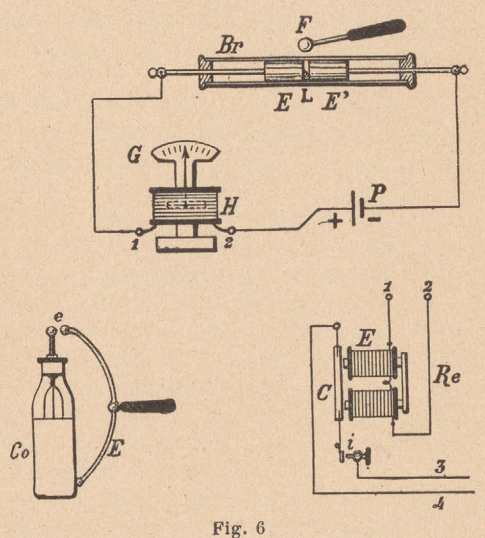


Fig. 6

métalliques EE' servant d'électrodes, on met un peu de limaille métallique L ; ceci fait, on introduit ces électrodes dans un circuit électrique comprenant une pile P et un galvanomètre G.

Dans ces conditions élémentaires, le circuit est fermé par la limaille métallique L et l'aiguille aimantée placée à l'intérieur du cadre galvanométrique H devrait dévier fortement. Or on constate que le courant de la pile P ne passe pas dans le circuit : en effet l'aiguille du galvanomètre ne bouge pas ; le circuit ainsi disposé se comporte donc comme s'il était ouvert ; la limaille métallique L, bien que tassée dans son étroit espace, alors que ses grains infiniment petits semblent à l'œil se toucher, ne conduit pas le courant ; elle est isolante.

Vient-on, dans le voisinage du tube à limaille et même à distance, à faire jaillir une étincelle soit avec une petite machine électrique, soit en e par la décharge d'une bouteille de Leyde Co (fig. 6), instantanément le courant passe librement dans le circuit comme le prouve l'aiguille du galvanomètre qui dévie fortement.

Les ondulations électriques, émises par l'étincelle e, transmises à travers l'espace, sont arrivées au contact des électrodes E E', entre lesquelles se trouve la limaille métallique L et celle-ci est devenue subitement conductrice : sa grande résistance est tombée brusquement et la conductibilité ainsi acquise se conserve un certain temps après l'arrivée de l'onde hertzienne.

Mais, vient-on avec F à frapper, même légèrement, sur le tube Br ou sur sa monture, instantanément la limaille L, cessant d'être conductrice, revient à sa grande résistance électrique initiale : le courant ne passe plus dans le circuit de P et l'aiguille du galvanomètre revient au zéro.

Nouvelle onde émise et reçue, nouveau courant dans le circuit, et les mêmes causes peuvent indéfiniment produire les mêmes effets.

Le tube à limaille, appelé par Branly radioconducteur, pour bien exprimer la nature du phénomène observé, est donc un révélateur d'ondes hertziennes d'une extrême sensibilité. — Dans ses expériences, Branly fit varier dans de grandes limites la dimension et le choix des grains de limaille métallique ; pour la composer, il se servit aussi de différents métaux dans les conditions les plus diverses de compression, de division, d'agglutination : toujours il obtint des résultats analogues, même à travers des murailles.

Le premier, le Professeur anglais Lodge montra tout le parti qu'on pouvait tirer du tube à limaille comme révélateur des oscillations électriques transmises dans l'espace. Suivant

lui, les ondes électriques auraient pour propriété d'orienter les grains de limaille métallique, de les « cohérer », d'où le nom de cohéreur qu'il donna au tube de Branly.

Toutefois ses expériences, comme celles de Branly, restèrent confinées dans les limites du laboratoire.

§ XI. — **Travaux de Popoff, Marconi, E. Ducretet.** — Nous savons maintenant tout ce qu'il faut pour aborder la description des appareils nécessaires à la Télégraphie sans fil, tels qu'ils existent actuellement. Par leurs savantes recherches, Popoff, Marconi, E. Ducretet, chacun pour leur part. ont contribué à les créer et à les mettre en valeur aux grandes distances ; ils ont utilisé à cet effet les merveilleuses propriétés du tube à limaille de Branly.

Dans les premières expériences de Branly, le choc sur le tube Br (fig. 6), destiné à rendre à la limaille L sa résistance initiale et par suite à rompre le courant dans le circuit de P, se faisait à la main ; c'était un procédé un peu primitif, simplement classique.

En 1895, Popoff remplaça le galvanomètre employé par Branly par un relais télégraphique très sensible R (fig. 7), mettant en jeu un électro-aimant frappeur F ; dès lors la plaque de fer doux, après avoir été attirée par l'électro-aimant F, venait frapper contre la partie centrale du tube à limaille T et le ramenait ainsi automatiquement à sa résistance initiale.

Pour augmenter la sensibilité du tube à limaille, Popoff, dès cette époque, recommande de relier une des électrodes à la terre, l'autre à la tige d'un paratonnerre isolé, ou simplement à un fil métallique se dressant le long d'un mât : c'est l'origine de l'antenne.

Dans son mémoire de 1895, Popoff dit également qu'il lui paraît utile de réduire la force électro-motrice de la pile sur le relais R, et par suite sur le tube à limaille placé dans le même circuit. Il crée donc avec une pile unique P deux circuits bien distincts : l'un, avec résistances A B, est celui du tube à limaille T et du relais R ; l'autre, actionné précisément par le relais R, comprend le frappeur automatique F, la sonnerie S et l'enregistreur (fig.7).

Enfin le savant russe indiquait que son récepteur des ondes électriques ainsi constitué pouvait servir à l'enregistrement des orages même lointains et à la transmission des signaux à travers l'espace.

La Télégraphie électrique sans fil était créée.

Toute station de Télégraphie sans fil comprend deux parties destinées, l'une à la transmission, l'autre à la récep-

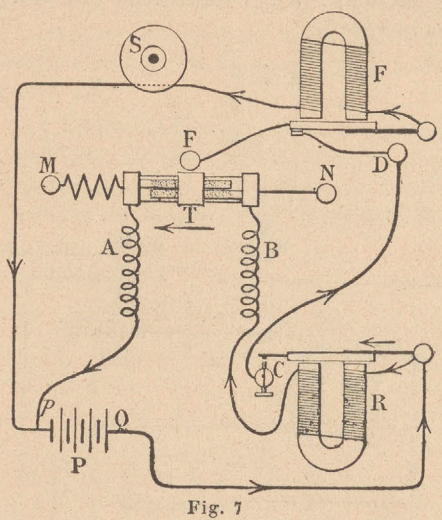


Fig. 7

tion, ayant un organe commun : l'antenne.— Nous commencerons par décrire le récepteur.

§ XII.— **Appareil récepteur.** — Nécessairement les modèles de cet appareil varient suivant les inventeurs ; néanmoins ils fonctionnent tous d'après les mêmes principes et ont la plupart de leurs organes communs : tube à limaille de Branly et frappeur automatique de Popoff ; les principales différences résident dans des détails de construction.

Pour notre étude, nous choisirons le récepteur de E.Ducretet, construit d'après Popoff : il donne d'excellents résultats, comme nous avons pu nous en convaincre personnellement *(§ XXI)*.

Description. — Les principaux organes sont (fig. 8) :

Br,—Tube à limaille Branly, du type de E. Ducretet, il sera décrit en détail.

Re,— Relais télégraphique très sensible.

E F,— Frappeur automatique suivant Popoff.

P,— Pile du radioconducteur T, un seul élément.

P',— Pile du frappeur F et de l'enregistreur RM ; cette pile comporte plusieurs éléments.

RM est un enregistreur Morse du modèle de l'Administration des Télégraphes mais à vitesse réduite.

Ca' représente la mise à la terre et Ca le conducteur isolé (antenne collectrice) ; l'un et l'autre sont reliés aux électrodes du radioconducteur Br.

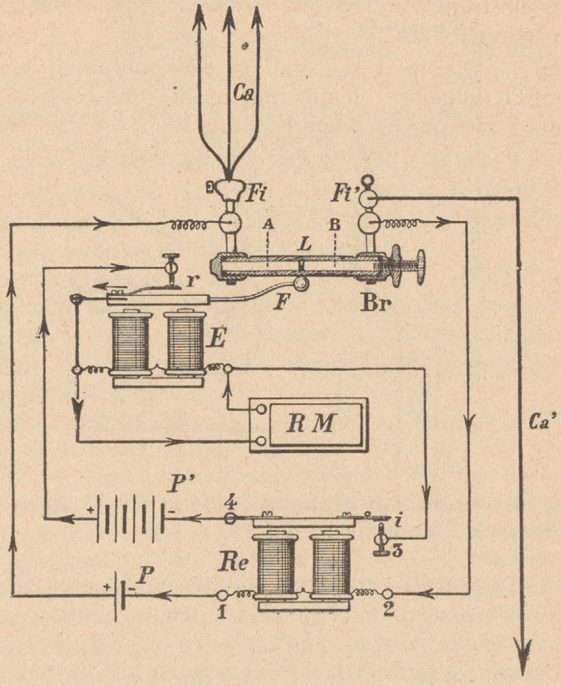


Fig. 8

Fonctionnement. — Le fonctionnement de cet appareil est extrêmement facile à comprendre ; chaque onde hertzienne reçue par le conducteur aérien Ca (antenne collectrice) rend conductrice la limaille L du tube Br (fig. 8) et le relais Re est mis en action ; l'armature mobile C est attirée par l'électro-aimant Re et le second circuit, celui de la pile P',est fermé en i ; dès lors l'électro - aimant E est à son tour actionné et la plaque de fer doux est attirée ; mais alors, le contact étant rompu en r, le courant cesse de circuler : la plaque n'étant plus attirée par E remonte, et son marteau F vient frapper sur le tube à limaille ; celui-ci reprend aussitôt sa résistance initiale et tous les organes reviennent à leur position de repos.

Bien entendu, toutes ces actions sont pour ainsi dire instantanées. Chaque onde électrique reçue est donc automatiquement suivie d'un choc léger sur le radioconducteur Br : dès lors le récepteur est toujours prêt à recevoir les oscillations électriques au fur et à mesure de leur arrivée à l'antenne collectrice Ca.

Relais — La figure schématique 8 ne saurait évidemment comporter quelques détails importants du récepteur des signaux hertziens. Le relais Re de la fig. 6 et celui Re de la figure 8 ne servent qu'aux schémas de démonstration.

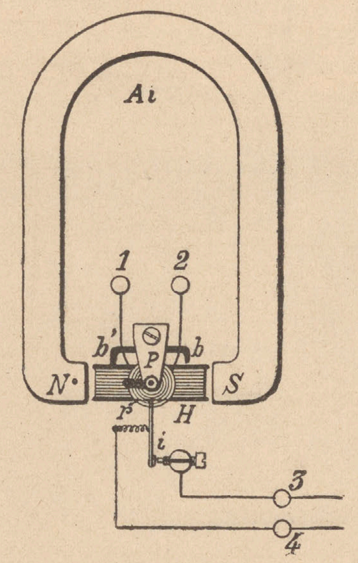


Fig. 9.

Le relais actuellement employé par E. Ducretet, est à cadre mobile (fig.9). Lorsque, sous l'influence des ondes hertziennes, le courant de la pile P (fig. 8), après son passage dans le radioconducteur, circule dans le fil qui entoure le cadre H: ce cadre mobile, en vertu d'une loi bien connue, tend à se mettre en croix par rapport aux pôles N et S de l'aimant Ai ; par suite de ce déplacement le contact est établi en i et le circuit P' se trouve fermé. Lorsque le courant P ne circule plus, le cadre mobile, sous l'action d'un ressort antagoniste,

reprend sa position initiale de repos et le contact est rompu en i. Les deux butées b b' limitent et règlent la course du cadre mobile H.

Le relais étant la partie la plus délicate de l'appareil récepteur de Télégraphie sans fil, doit être l'objet d'une attention toute particulière. Il faut éviter l'introduction de la poussière dans ses organes ; une boîte de recouvrement métallique est employée dans ce but et le réglage peut se faire au moyen d'un bouton extérieur. Un dispositif antivibratoire est très utile à bord des navires et sur les chemins de fer.

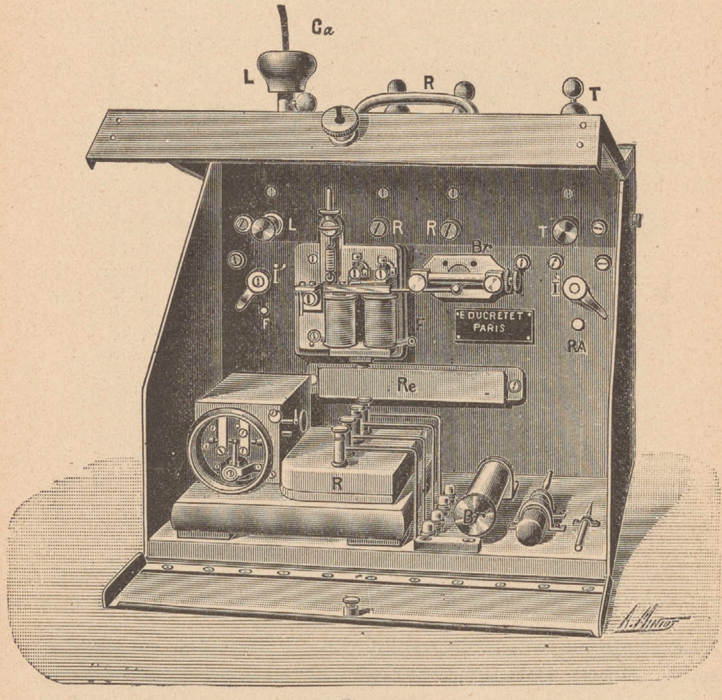


Fig. 10

Tel qu'il fonctionne actuellement, ce relais à cadre mobile est d'une très grande sensibilité et très fixe ; son réglage est facile et rapide, des résistances auxiliaires, non figurées, absorbent les étincelles de rupture du contact, lesquelles pourraient influencer le radioconducteur et sensibiliser sa limaille.

Frappeur décohéreur— Le frappeur E F (fig. 8), automatique suivant Popoff, a une très grande importance pour le bon fonctionnement du récepteur aux grandes distances. Le marteau F doit être réglé avec soin ; ses coups sur le tube Br doivent être très légers,à peine perceptibles; par leur effet mécanique seul, des coups trop violents altéreraient rapidement la limaille métallique L. — A l'état de repos, le marteau F doit appuyer sur le tube Br. Tel qu'il est, ce frappeur est d'un réglage rapide et fixe ; pour s'en assurer, on se sert avec avantage du petit radiateur d'essai dont nous parlerons plus loin (§ *XVI*)

Piles. — Le courant de la pile P (fig. 8) du radioconducteur et du relais doit être constant et à faible voltage ; un dispositif à réglage, connu sous le nom de réducteur de potentiel, permet d'obtenir ce résultat. La pile P' du frappeur E F et du Morse R M comprend plusieurs éléments du genre Leclanché ; ces éléments se placent à volonté dans le compartiment arrière de la boîte en fer du récepteur (fig. 10).

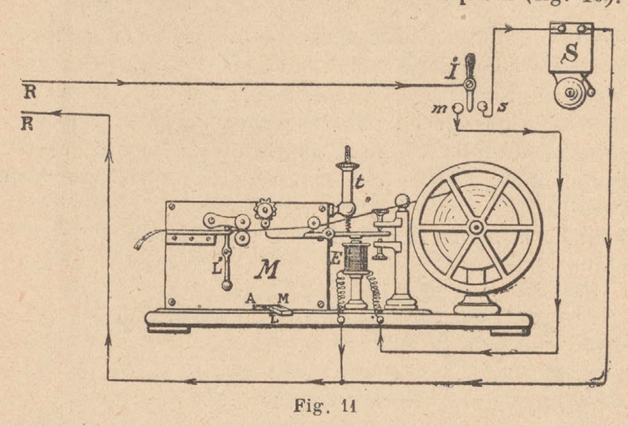


Fig. 11

Récepteur complet. — L'ensemble du récepteur ainsi décrit est enfermé à l'intérieur d'une boîte métallique portative (fig. 10). L'antenne collectrice Ca arrive en L, la prise de terre en T et les conducteurs RR de l'enregistreur Morse (fig. 11) aux bornes R. Le relais R est placé librement sur un coussin antivibratoire.

Enregistreur Morse.— Le Morse R M (fig.8), qui enregistre les dépêches hertziennes, ou radiotélégrammes,est soit ordinaire (fig 11)soit automatique ; dans ce dernier cas, il n'y a plus besoin

de télégraphiste à l'arrivée pour la réception immédiate des signaux; seul, de lui-même, cet enregistreur automatique fait dérouler sa bande de papier dès qu'un signal arrive et il s'arrête encore de lui-même dès que les signaux cessent de se présenter à l'antenne du poste récepteur , un espace blanc sur la bande de papier sépare et distingue chaque dépêche reçue et enregistrée. Sans fil de ligne et sans télégraphiste à la réception, les signaux semblent tomber du ciel.

C'est ainsi qu'en temps d'orage, automatiquement, ce récepteur peut enregistrer les décharges atmosphériques, même très lointaines ; personnellement, comme nous le verrons plus loin (§ *XXI*), nous avons pu nous rendre compte que ces décharges intermittentes ne rendaient pas indéchiffrables, dans la plupart des cas, les radiotélégrammes reçus en même temps.

Cet enregistreur automatique permet de recevoir en tout temps les dépêches de postes dont on veut surprendre les signaux, cela sans la présence d'un télégraphiste.

§ XIII. — **Radioconducteurs**. — Le radioconducteur est évidemment l'organe principal du récepteur, puisqu'il résume en lui-même toute la Télégraphie sans fil : nous allons donc étudier avec quelques détails les principaux types employés. Le principe du tube à limaille de Branly est encore généralement appliqué ; le tube est disposé suivant les figures qui vont suivre.

Celui de la figure 12 constitue le type Marconi.

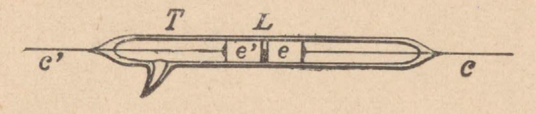


Fig. 12

Il se compose d'un tube de verre T d'environ 6 centimètres de longueur et 4 millimètres de diamètre ; dans ce tube s'adaptent, parfaitement ajustées, deux électrodes-tampons e e' en argent avec fils conducteurs de platine c c' scellés dans les parois du verre ; ces électrodes e e' sont distantes d'environ ½ millimètre ; entre elles, en L, on place une petite quantité de limaille très fine. Comme limaille, Marconi donne la préférence à un mélange de 96 parties de nickel, 4 d'argent et des traces

de mercure. Le vide est fait à l'intérieur de ce radioconducteur à électrodes fixes.

La fig.13 est celle du type E.Ducretet.Ce radioconducteur est hermétique, démontable et à réglage. La limaille métallique

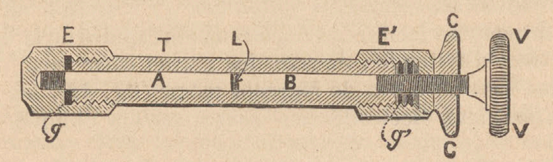


Fig. 13

mise en L est à l'abri de l'humidité et du renouvellement de l'air. Les électrodes A B ont leurs surfaces parfaitement polies. Le tube T est en bois dur très sec.

Les joints de garde g g' assurent une herméticité parfaite. Les avantages pratiques de ce dispositif permettent d'obtenir en quelques minutes, en tous temps et en tous lieux, de très bons radioconducteurs qui peuvent être amenés rapidement à la sensibilité voulue. Une pratique de quelques heures suffit pour acquérir toute l'habileté nécessaire.

Limailles. — Le choix du métal, le mélange de plusieurs limailles, la grosseur des grains, varient à l'infini.

Les limailles de nickel, d'or ou d'argent sont les plus employées avec le radioconducteur à réglage de E. Ducretet ; elles doivent être soit en grains très fins obtenus avec une lime bâtarde puis tamisés à la grosseur convenable, soit en grains réguliers donnés par un outil spécial à découper.

Dans certains cas, suivant la nature des électrodes, la limaille de nickel doit être faiblement oxydée. Ces limailles préparées à l'avance, peuvent être indéfiniment conservées dans de petits flacons hermétiquement clos ; une provision ainsi constituée est très utile pour la pratique de la Télégraphie sans fil, soit à bord des navires, soit dans les pays éloignés.

Electrodes. — Les électrodes A B (fig. 13) sont en nickel ou en acier, les surfaces en L parfaitement polies. D'autres métaux ont été mis en service ; ceux ci-dessus conviennent aux grandes distances. Ces électrodes A B sont bien ajustées à l'intérieur du tube T ; une d'elles est fixe, l'autre est mobile et réglable à volonté par le jeu du bouton VV ; l'espace

libre, en L, où se trouve la limaille, est donc variable tout en restant bien clos, ce qui permet d'obtenir un bon réglage du radioconducteur, même pendant la réception des dépêches hertziennes.

Le même radioconducteur à réglage (fig. 13) peut avoir en L une de ses électrodes (celle fixe A) à section oblique ; cette disposition facilite les déplacements rapides de la limaille et permet d'éviter le coinçage des grains entre eux.

Dans certains tubes de Marconi même (fig. 12), les extrémités des deux électrodes e e' sont à section oblique.

§ XIV.—**Récepteur radiotéléphonique Popoff-Ducretet.** — En 1899-1900, M. Popoff démontra qu'il était possible, pratiquement, de substituer des tiges métalliques aux limailles de Branly et il créa la méthode radiotéléphonique appliquée à

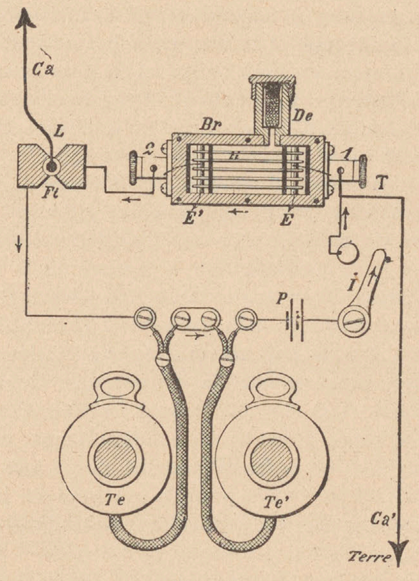


Fig. 14

la Télégraphie sans fil aux grandes distances. Ses premières expériences en Russie permirent de relier des postes distants de 50 kilomètres et privés de tout moyen de communication entre eux. Cette distance a depuis été largement dépassée.

La figure 14 est celle du radiotéléphone Popoff-Ducretet Br, il comprend, renfermés dans une monture en ébonite, avec dessus hermétique et démontable, deux supports électrodes E E', qui communiquent avec les bornes extérieures 1 et 2; des tiges métalliques en acier dur, parfaitement polies, reposent librement sur les supports E E', elles y sont néanmoins retenues par les guides et arrêts en matière isolante. Un dessiccateur De, avec carbure de calcium, évite l'action de l'humidité à l'intérieur de la monture du radiotéléphone Br.

Les tiges métalliques, qui remplacent la limaille, constituent donc l'organe récepteur proprement dit ; au repos, la conductibilité du système est plus grande que celle de la limaille des radioconducteurs des figures 12 et 13. Le radiotéléphone (fig. 14) possède une très grande sensibilité ; de plus il est très fixe et jouit de la propriété de revenir seul,sans frappeur, à sa résistance initiale. Néanmoins il est bon de donner de temps en temps avec le doigt quelques légers coups sur la boîte. La réception des signaux Morse par points et par traits se fait au son avec les téléphones Te Te'. La mise à l'antenne collectrice Ca et la mise à la terre Ca', se font comme il a été dit pour les radioconducteurs à limaille.

Au repos, les tiges métalliques sont traversées par un courant de très faible intensité ; lorsque, par l'intermédiaire de l'antenne, les ondes hertziennes interviennent, la résistance du système est diminuée, le courant passe plus fort et un bruit est perçu au téléphone.

Le radiotéléphone complète les appareils à relais ; lorsque ceux-ci, moins sensibles, cessent de fonctionner régulièrement,la distance limite étant atteinte pour eux, lui continue à recevoir nettement ; sa mise en ligne est immédiate et il est toujours prêt à recueillir les signaux hertziens.

Comme il ne comporte ni relais, ni frappeur décohéreur, ni sonnerie d'appel, ni enregistreur Morse, il est extrêmement léger et très portatif ; il convient donc parfaitement aux postes militaires volants des armées de terre et de mer ; avec un peu d'habitude, la lecture au son des signaux Morse n'offre aucune difficulté.

A bord des navires et sur les chemins de fer, ce radiotéléphone n'est pas influencé par les trépidations, ni par le roulis et le tangage. Enfin il permet de reconnaître le caractère vibratoire spécial à chaque interrupteur périodique employé au transmetteur : un poste peut donc être distingué

d'un autre et, au point de vue militaire, cette particularité a son importance.

Les inconvénients du radiotéléphone sont les suivants : 1° faute d'enregistreur, il ne reste aucune trace des dépêches reçues ; 2° comme il n'y a pas de sonnerie d'appel, il est indispensable que quelqu'un reste constamment présent, les oreilles au téléphone, à moins qu'on n'ait convenu à l'avance d'heures de transmission.

Ajoutons qu'à cause précisément de sa grande sensibilité, le radiotéléphone Popoff-Ducretet ne donne de très bons résultats qu'aux grandes distances ; des ondes hertziennes émises à de faibles distances impressionnent trop fortement le radiotéléphone de sorte qu'il ne revient plus assez vite, de lui-même, à sa résistance initiale.

§ XV.— **Appareil transmetteur.**— Le poste transmetteur comprend essentiellement une puissante bobine d'induction, capable de fournir, sur le condensateur formé par l'antenne et la terre, une étincelle aussi longue que possible, mais nettement oscillante (*voir les expériences de Hertz*, § *VII*) ; cette longueur ne dépasse pas généralement 6 centimètres avec des bobines donnant des étincelles de 30 cm. de longueur ; Marconi emploie le plus souvent une bobine d'induction qui peut donner 25 centimètres d'étincelle non oscillante entre les extrémités du circuit secondaire.

Description et fonctionnement.—Au § IX (fig.5) nous avons décrit la bobine de Ruhmkorff employée dans les expériences de H. Hertz. Celle de la fig. 15 est appropriée aux transmissions d'ondes hertziennes dans l'espace. Le circuit primaire (inducteur) de cette bobine est alimenté par quelques éléments de piles P ou d'accumulateurs (fig.15) ; dans ce circuit, se trouvent l'interrupteur périodique T et le manipulateur Ma, il permet de produire dans le circuit secondaire i i' (induit) des émissions intermittentes de longue ou de courte durée et, par suite, des séries d'étincelles oscillantes en E de même durée, formant les brèves et les longues du code Morse. Une des bornes de l'oscillateur E est mise à l'antenne Ca qui devient radiatrice ; l'autre borne est mise à la terre en Ca'.

Dès lors, quand la bobine de Ruhmkorff sera mise en action intermittente par le jeu du manipulateur Ma, des oscillations électriques se produiront et rayonneront en dehors de l'antenne radiatrice Ca sous forme d'ondes hertziennes concen-

triques ; ces ondes, transmises à travers l'espace, viendront atteindre à grande distance l'antenne collectrice Ca du récepteur (fig. 8). Les phénomènes décrits au § XII se produiront

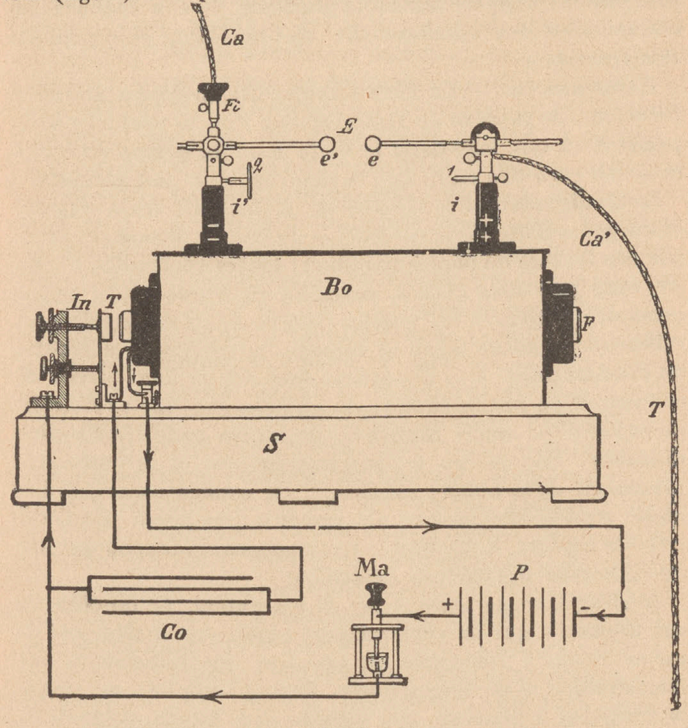


Fig. 15

alors. En résumé, tout poste transmetteur comprend cinq parties principales : 1° : la bobine d'induction ; 2° : l'interrupteur périodique de courant ; 3° : le manipulateur ; 4° : l'oscillateur ; 5° : une source d'énergie électrique, piles ou accumulateurs.

Bobine de Ruhmkorff. — La bobine de Ruhmkorff (ou transformateur) de la fig. 15 est du type de E. Ducretet ; elle ne le cède à aucune autre comme énergie et endurance ; les expériences que nous avons faites à Bizerte par un très mauvais temps l'ont prouvé (*voir* § *XXI*) ; même pour les grands modèles, cette bobine ne cesse pas d'être transportable. Nécessairement sa puissance doit varier suivant la distance entre les stations qu'il s'agit de relier. Pour les postes

militaires volants il suffit d'employer de petites bobines donnant aux ondes une portée de 5 à 10 kilomètres sur terre. Enfin pour les transmissions aux grandes distances, il est possible et pratique d'accoupler ensemble plusieurs de ces bobines, on obtient ainsi des transmetteurs très puissants et cependant transportables.

Condensateur.— Le condensateur Co, destiné à absorber l'étincelle de rupture de l'interrupteur T en In peut être indépendant ou être logé dans le socle S de la bobine Bo qui, à cet effet, est à tiroir afin que le condensateur soit accessible.

Le condensateur des bobines de Ruhmkorff, dû à Fizeau, se compose d'une série de feuilles de papier d'étain séparées par des feuilles de papier paraffiné ; toutes les feuilles d'étain de rang pair sont reliées ensemble et forment une même armature ; toutes les feuilles d'étain de rang impair sont reliées de la même façon et forment la deuxième armature du condensateur. Ces armatures sont reliées aux pièces de contact où se fait la rupture du courant (fig. 15) ; l'étincelle de rupture est sinon absorbée, du moins considérablement diminuée, elle charge le condensateur Co, et le rendement maximum de la bobine est assuré. Ce condensateur doit être d'une grande endurance ; s'il venait à être percé par l'étincelle de rupture, il faudrait le remplacer car le fonctionnement de la bobine deviendrait défectueux.

Interrupteur périodique. — Il y a autant de modèles de ces appareils que de constructeurs ; tous sont à peu près de même valeur ; l'essentiel est que leur fonctionnement soit ininterrompu et de longue durée. Marconi emploie un simple interrupteur à marteau très robuste et à larges contacts de platine dur. Celui de E. Ducretet est à moteur électrique et à mercure : les interruptions périodiques ont lieu entre une tige de cuivre rouge amalgamée et une surface de mercure recouverte de pétrole pour le refroidissement et aussi pour éviter la projection de gouttelettes de mercure. La vitesse du moteur est réglée par le jeu d'un rhéostat ; une batterie de 3 à 4 accumulateurs suffit pour l'actionner. Cet interrupteur périodique est d'un réglage rapide et facile ; il convient aux plus fortes bobines de Ruhmkorff et aux bobines accouplées; il est d'un bon fonctionnement à bord des navires.

Un modèle très simple d'interrupteur à marteau a été créé par Popoff à l'usage des postes militaires volants ; ce trembleur-interrupteur est rapide.

Manipulateur. — Dans cet appareil, les contacts se produisent entre deux tiges de cuivre rouge à l'intérieur du pétrole que reçoit un godet. Ce manipulateur, de forme verticale, est en Ma (fig.15), il faut bien veiller aux extrémités des tiges, car un contact défectueux amènerait des ratés dans la production des étincelles qui jaillissent entre les sphères e e' de l'oscillateur E, il en résulterait des troubles dans l'émission des signaux hertziens. En Télégraphie sans fil, la manipulation, qui se fait d'après les règles du code Morse, est sensiblement plus lente qu'en Télégraphie électrique ordinaire.

Oscillateur. — Dans ses premières expériences, Marconi, élève de Righi, a fait usage de l'oscillateur Righi à quatre boules, dont les deux intérieures sont de plus fort diamètre que les autres et plongées dans l'huile. Le Commandant Boulanger et le Capitaine Ferrié ont été satisfaits de l'emploi d'un oscillateur Blondel également à quatre boules. Néanmoins, d'une façon générale, on est revenu à l'oscillateur de Hertz à deux boules dans l'air (*voir* § *VII*) ; les deux sphères e e' (fig.15) sont à écartement variable ; l'une est fixe, l'autre se déplace au moyen d'un bouton à crémaillère. L'antenne radiatrice Ca et la mise à la terre Ca' jouent le rôle des capacités électriques C et C' (fig. 5). Il faut avoir soin de mettre à la terre la tige mobile de façon à ce qu'on puisse toucher sans crainte le bouton à crémaillère pendant le fonctionnement de l'oscillateur pour le réglage de la longueur de l'étincelle en E.

Lorsque les deux sphères e e' sont reliées, l'une à l'antenne, l'autre à la terre, l'aspect des étincelles change complètement, elles deviennent plus courtes, blanches et elles font entendre un bruit caractéristique ; dès lors elles sont oscillantes et produisent les ondes hertziennes.

Dans le même but, des condensateurs de capacité variable peuvent être reliés au circuit induit i i' (fig. 15).

Sources d'énergie électrique. — Généralement on se sert des courants continus fournis par des piles ou des accumulateurs ; mais les piles, se polarisant toutes rapidement, ne peuvent être employées que pour de courtes expériences. Le plus souvent on fait usage de batteries d'accumulateurs portatifs ; mais il faut posséder le courant nécessaire à leur recharge. Dans tous les cas, le courant à utiliser doit être proportionné à la puissance de la bobine de Ruhmkorff employée au transmetteur ; un rhéostat et un ampèremètre sont à cet effet ajoutés au circuit. Les accumulateurs doivent être soigneu-

sement vérifiés, ensemble et isolément, au voltmètre. L'énergie électrique nécessaire au bon fonctionnement du transmetteur peut être aussi fournie par une machine à courant continu amenée au régime convenable au moyen de rhéostats, soit par des courants alternatifs, en faisant usage de condensateurs reliés à i i' (fig. 15).

§ XVI. — **Radiateur d'essai.** — Ce petit appareil (fig. 16) est indispensable, il sert surtout au réglage initial du tube radioconducteur Br fixé sur le poste récepteur (fig. 10). Il permet de s'assurer en tout temps du bon fonctionnement de ce tube Br avant et pendant la réception des signaux hertziens.

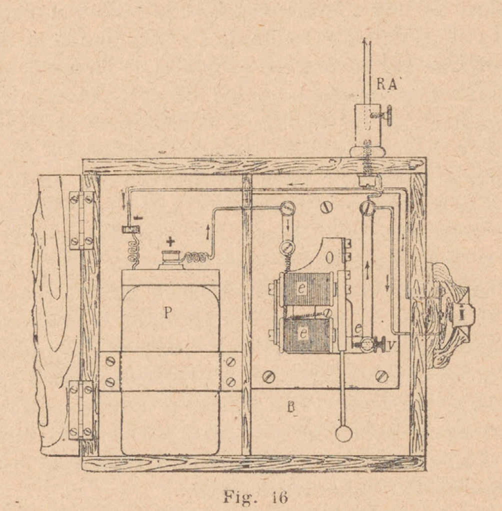


Fig. 16

Il se compose d'un simple mouvement de sonnerie électrique e e actionné par un élément de pile P genre Leclanché ; l'ensemble est placé dans une boîte portative. Un poussoir interrupteur I, lorsqu'il est pressé avec le doigt permet de fermer momentanément le circuit et c'est la très petite étincelle de rupture produite qui agit à distance sur la limaille du tube pour la rendre conductrice.

Pour régler le radioconducteur avec cet appareil, on supprime la mise à la terre du tube si elle existe ; l'autre électrode est réunie à un fil de cuivre vertical de 50 centimètres de hauteur et de $2\,^{m}/_{m}\,\frac{1}{2}$ de diamètre formant antenne collectrice étalon. On munit le radiateur d'essai d'un conducteur

métallique Ra de même hauteur et de même diamètre formant antenne radiatrice étalon.

Ceci fait, on presse sur le poussoir-interrupteur I du radiateur d'essai et on serre graduellement, très lentement, le bouton de réglage V du radioconducteur (fig. 13) : la distance en L est ainsi lentement diminuée jusqu'à ce que le marteau frappeur du récepteur (fig. 10) réponde exactement aux signaux brefs et longs produits par le petit radiateur d'essai. La distance limite maxima (6 à 8 mètres environ), qui sépare les deux appareils, est atteinte lorsque les chocs du frappeur sur le radioconducteur deviennent confus et tendent à se prolonger au delà de la durée d'émission des ondes fournies par le radiateur d'essai. Un peu avant d'atteindre cette limite, on cesse de visser V et le radioconducteur est alors réglé.

§ XVII. — **Accord des postes de Télégraphie sans fil.** — Nous avons vu dans l'étude des vibrations sonores (§ III) que, par un phénomène dit de résonance, un diapason vibrant pouvait à distance mettre en mouvement un autre diapason, lorsque les deux instruments étaient identiques et bien accordés entre eux.

De même Henri Hertz, dans les expériences que nous avons décrites au § VII, accordait le résonateur R avec l'oscillateur E (fig.5), en faisant varier les dimensions de R et, par suite, la période T des oscillations électriques du résonateur.

Sachant, d'après la formule de Thomson, que

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

L et C étant la self-induction et la capacité du circuit de l'oscillateur, on obtiendra la résonance en faisant varier les mêmes éléments L' C' du récepteur. — On aura alors T=T' et les deux appareils " transmetteur et récepteur " seront accordés. Une expérience classique, très simple d'ailleurs, due au Professeur Lodge, montrera comment il est possible de réaliser cet accord (*syntonie*).

Deux bouteilles de Leyde Co Co' (figure 17) de mêmes dimensions, sont placées à une certaine distance l'une de l'autre : toutes deux elles comprennent un circuit à gros conducteurs 1, 2, 3, de résistance électrique à peu près nulle ; mais, alors que le circuit 1 est fixe, celui 2-3 peut varier, le fil conducteur T étant mobile sur 2 et 3 ; S est une simple colonne isolante. Si nous chargeons la bouteille Co soit avec

une petite machine électrique, soit avec une petite bobine de Ruhmkorff dont l'induit est amené en i i', des étincelles condensées éclateront en E ; mais ces étincelles ne se reproduiront à distance en e, dans le circuit de la bouteille de Leyde Co', que lorsque le fil conducteur mobile T occupera une certaine position bien déterminée sur les conducteurs 2 et 3. Le déplacement du conducteur T trouble ou met en harmo-

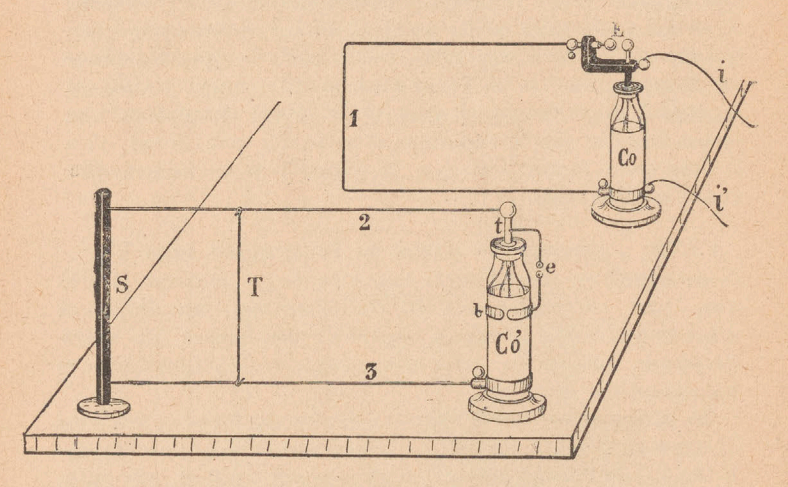


Fig. 17

nie les périodes des oscillations électriques produites en E et e par la décharge de Co, en modifiant la capacité C' et la self-induction L' du circuit de Co'. La formule de Thomson se trouve ainsi expérimentalement vérifiée par cet appareil classique.

Est-il possible d'obtenir les mêmes résultats avec les puissantes vibrations électriques que donnent les fortes bobines de Ruhmkorff ? Autrement dit peut-on syntoniser le récepteur et le transmetteur de nos postes de Télégraphie sans fil de façon à rendre exclusives les communications entre eux?—L'importance d'un semblable réglage n'échappera à personne, elle serait capitale au point de vue du secret des dépêches.

Courants à haute fréquence et à haute tension de Tesla.— Théoriquement cet accord est possible ; pratiquement on n'a pas pu arriver jusqu'ici à une solution complète

de la question à cause surtout de l'extrême sensibilité des tubes radioconducteurs employés. A défaut d'une syntonie parfaite on a simplement obtenu un certain réglage des appareils entre eux et une réception à de plus grandes distances en faisant usage des courants à haute fréquence et à haute tension de Tesla au transmetteur et de dispositifs analogues au récepteur ; ces dispositifs permettent en effet, d'après les principes énoncés plus haut, de faire varier à volonté la capacité C et la self-induction L des circuits ; appliqués au transmetteur, ils augmentent la longueur des ondes électriques lancées à travers l'espace. (§ VIII).

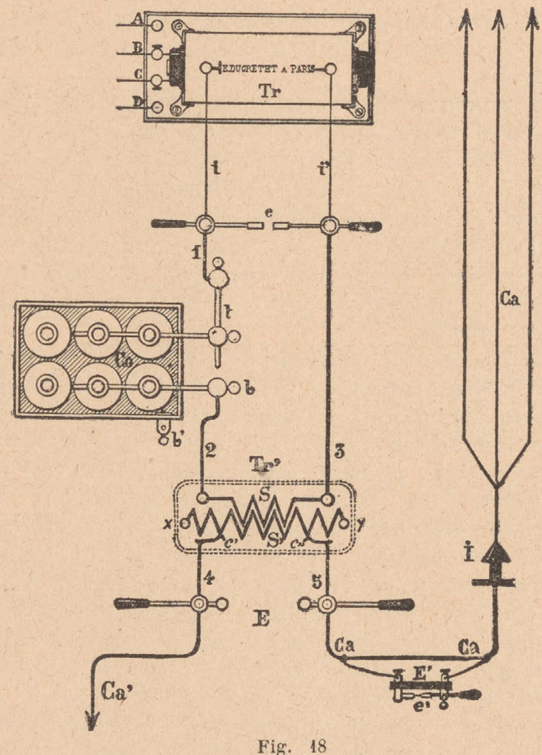


Fig. 18

La figure 18 montre le dispositif de Tesla appliqué au transmetteur.

Tr.— Bobine d'induction ou transformateur muni des organes de manipulation indiqués sur la fig. 15.

i i'.— Circuit secondaire de Tr.

Co.— Condensateurs (bouteilles de Leyde) à capacité variable suivant les distances entre les postes et l'énergie électrique mise en jeu.

e. — Excitateur de décharge sous la forme instantanée et oscillante ; cette décharge se fait à travers le fil primaire S du transformateur de Tesla Tr' ; S' étant le secondaire auquel on amène l'antenne Ca et la prise de terre Ca'.

Le nombre des spires de S et de S' est variable suivant l'accord à obtenir.

e'. — Etincelle de contrôle de l'état de charge de l'antenne Ca.

I. — Isolateur d'entrée du poste de Télégraphie sans fil.

Les dispositifs de Tesla présentent encore les avantages suivants :

1°.—La capacité des condensateurs Co pouvant varier dans des limites très étendues, ainsi que la self-induction des circuits SS', on peut obtenir des longueurs d'ondes suffisamment grandes pour que les ondes hertziennes se transmettent à grande distance malgré l'interposition d'obstacles matériels : courbure terrestre, îles, collines, etc. On sait, en effet, (§ VIII) que les ondes très courtes se propagent en ligne droite et ne peuvent par suite contourner les obstacles d'une certaine étendue.

2°.—Comme l'ont démontré les expériences physiologiques du Professeur d'Arsonval, les courants à haute fréquence et à haute tension de Tesla sont absolument inoffensifs ; il en résulte que l'antenne radiatrice Ca (fig. 18) peut être impunément touchée pendant les transmissions ; avec le dispositif ordinaire (fig. 15) son contact est dangereux.

Au poste récepteur, l'accord se fait en ajoutant sur l'antenne un dispositif analogue, ou simplement en intercalant entre l'antenne et le récepteur une sorte de rhéostat à long fil fin, avec curseurs à réglage rapide donnant l'accord convenable en modifiant la période des oscillations de l'antenne réceptrice.

Bien que Slaby ait pu, à diverses reprises, par une même antenne et deux récepteurs accordés différemment, recevoir et enregistrer simultanément deux dépêches hertziennes parties de deux postes éloignés l'un de l'autre, il ne faut pas se faire d'illusions sur la perfection de l'accord que ces dispositifs permettent de réaliser actuellement entre les postes : le secret des dépêches n'est pas assuré d'une façon complète.

Prenons deux postes réglés ensemble et communiquant à 150 kilomètres, je suppose ; d'autres récepteurs, placés sensiblement à cette même distance, ne seront influencés par les mêmes ondes hertziennes que s'ils sont à peu près au réglage convenable mais, dans un rayon de quelques kilomètres, tous les récepteurs, quels qu'ils soient, recevront d'emblée. De plus, si l'ennemi dispose du temps nécessaire, il pourra, aux plus grandes distances, régler ses récepteurs par tâtonnements et arriver ainsi à capter les dépêches.

Les courants à haute fréquence et à haute tension de Tesla ont été employés avec avantage par E. Ducretet, Marconi et par Slaby ; ils ne constituent que des appareils additionnels, le transmetteur et le récepteur restant dans l'ensemble tels que nous les avons décrits plus haut.

§ XVIII—**Conducteurs « radiateur et collecteur » ; antennes.** —Le conducteur Ca du récepteur (fig.8) et celui Ca du transmetteur (fig. 15 et 18) sont plus communément appelés " antenne collectrice et antenne radiatrice ".

Dans la pratique de la Télégraphie sans fil, une seule et même antenne peut remplir alternativement les deux fonctions : collectrice lorsqu'elle reçoit les ondes, radiatrice quand elle les transmet. Un poste double ne comprend donc, le plus souvent, qu'une seule antenne ; il suffit d'amener l'extrémité inférieure de cette antenne soit à un des pôles de l'oscillateur (transmetteur) soit à une des électrodes du radioconducteur (récepteur) suivant que l'on veut transmettre ou recevoir, la mise à la terre se fait à l'autre pôle de l'oscillateur et à l'autre électrode du radioconducteur.

Le conducteur le plus souvent employé pour les antennes est de cuivre : il est constitué par plusieurs fils fins réunis et câblés ensemble ; ils sont isolés à la partie supérieure du mât, ainsi que nous le verrons plus loin.

Supports d'antenne. — L'antenne doit être amenée aussi verticalement que possible à l'extrémité du mât M (fig. 19) destinée à la recevoir ; elle est bien isolée à sa partie supérieure en I' ; un mâtereau transversal m est indispensable pour écarter l'antenne du mât M et des haubans.

La hauteur des mâts employés jusqu'ici varie entre 25 et 60 mètres suivant la distance à faire franchir aux ondes et la nature du milieu interposé entre les postes ; lorsqu'ils sont très élevés, leur construction est fort coûteuse, car ils doivent

être faits par des spécialistes.Les mâts en bois (éviter l'emploi du métal) ont généralement un diamètre à la base de 10 centimètres par 10 mètres de hauteur. Les haubans doivent être en corde goudronnée avec tendeurs ; ne pas employer de câbles métalliques pour ces haubans.

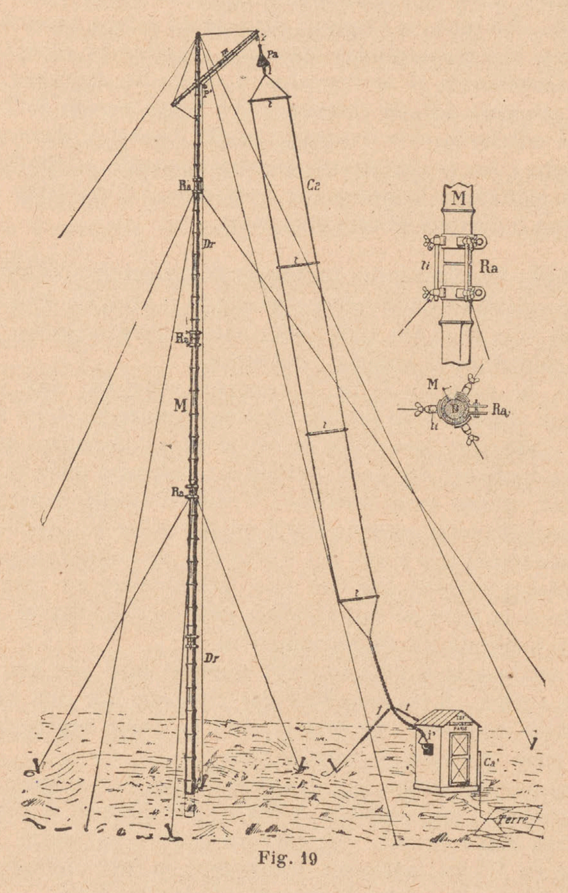


Fig. 19

Du reste, d'une façon générale, l'antenne, surtout lorsqu'elle est radiatrice, doit être éloignée le plus possible des objets conducteurs ou semi-conducteurs, ceci afin d'éviter les déperditions de l'énergie électrique à haute tension.

A bord des navires, l'antenne est généralement fixée au

grand mât par l'intermédiaire d'un mâtereau m ; elle atteint ainsi son maximum de hauteur totale et sa partie supérieure, la plus efficace, est franchement au-dessus des autres mâts et des cheminées ; au début, elle est par suite assez inclinée et descend ensuite verticalement au-dessus de la cabine-poste du pont.

Pour les applications militaires volantes, le mât est démontable et transportable, il se compose de bambous assemblés suivant la figure 19, mais une hauteur de 20 à 25 mètres ne peut être alors dépassée.

S'il s'agit de simples essais ou d'opérations militaires en campagne, en un mot d'installations essentiellement provisoires, on peut employer comme support d'antenne un ballon captif ou même un simple cerf-volant. Toutefois il ne faut pas oublier que les cerfs-volants donnent lieu à de nombreux mécomptes soit par excès, soit par manque de vent. Ils sont d'un usage courant en Russie, surtout pour déterminer la hauteur exacte à donner aux antennes ; on peut ensuite, sans hésitation, dresser à la bonne place un mât ayant exactement la hauteur voulue pour la distance considérée.

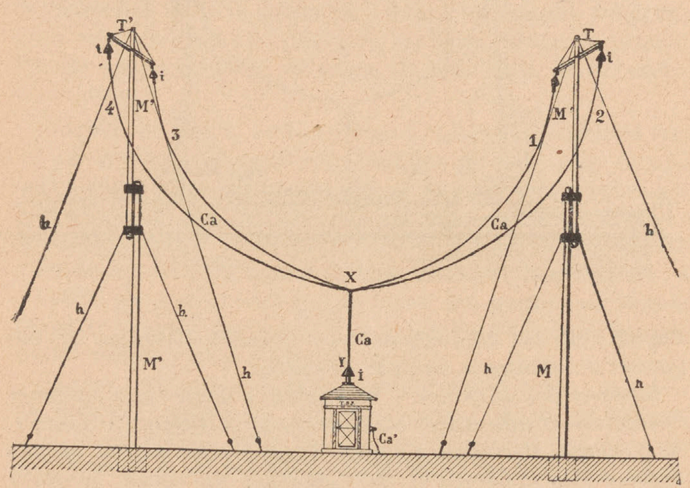


Fig. 20

Pour éviter la pose d'un mât, opération toujours longue et difficile, il est avantageux, toutes les fois qu'on le peut, de se servir des tours, clochers, phares, etc. C'est ainsi que nous avons procédé à La Goulette (*Voir* § *XXI*).

Antennes multiples. — Capacités. — Pour les grandes distances, il y a intérêt à faire usage d'antennes multiples ; celle de la figure 19 est double ; ces conducteurs, éloignés les uns des autres par des croisillons ad hoc, sont réunis à la partie supérieure isolée et à la partie inférieure avant leur entrée dans la cabine-poste où se trouvent les appareils de Télégraphie sans fil; certains expérimentateurs préfèrent isoler à leur partie supérieure les différents conducteurs de l'antenne. On emploie souvent à la partie supérieure de l'antenne une capacité horizontale en treillis métallique, avec cadre et nervures légères, d'environ un mètre de diamètre. Nos dernières expériences entre Tunis et la Goulette (*Voir* § *XXI)* nous ont démontré l'efficacité de cette capacité.

Suivant Popoff, une bonne installation consiste à faire usage de deux mâts, de hauteur appropriée à la distance à franchir, espacés de 20 à 25 mètres et recevant chacun une double antenne isolée, inclinée, dont les parties verticales sont réunies à leur arrivée au poste de Télégraphie sans fil.

Les fig. 20 et 21 montrent cette quadruple antenne de

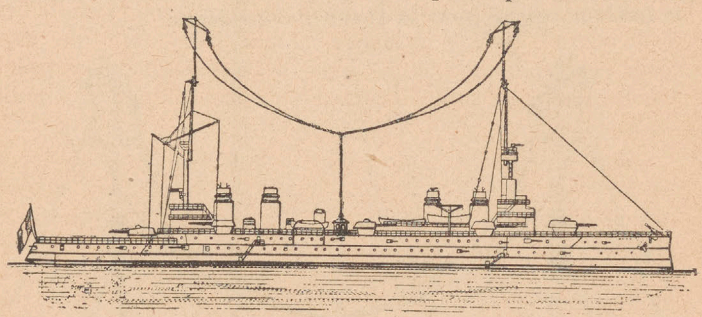


Fig. 21

Popoff ; elle est très efficace aux grandes distances et elle permet de réduire la hauteur des mâts,

Hauteur des antennes. — La hauteur à donner aux antennes "radiatrice et collectrice" est fonction de la distance à franchir, de l'énergie électrique à haute tension mise en jeu, du bon réglage des appareils et de l'influence du milieu interposé entre les postes. Ces facteurs étant nombreux et divers, il nous paraît difficile de donner une formule précise, surtout pour les communications à terre ; ce milieu, par son action absorbante sur les ondes hertziennes, joue un rôle néfaste en Télégraphie sans fil aux grandes distances sur terre.

§ XIX. — **Isolateurs.** — **Plaques de terre.** — Ces détails ont une grande importance en Télégraphie sans fil et beaucoup d'échecs proviennent de ce qu'ils ont été négligés.

Isolateurs. — Ils jouent un grand rôle pour le succès des transmissions. En particulier, le bon fonctionnement du transmetteur, au point de vue du rendement, repose sur le parfait isolement de l'antenne radiatrice. On emploie à cet effet soit un isolateur en ébonite, de forme verticale, avec recouvrement, soit un double isolateur horizontal ; ce dernier a l'avantage d'être peu élevé et par suite de ne pas diminuer sensiblement la hauteur d'antenne efficace ; sur ses poulies de porcelaine s'enroulent les cordes de suspension ou drisses (fig. 19).

L'isolateur d'entrée du poste I (fig. 18 et 19) reçoit l'antenne ; elle est maintenue par des tendeurs destinés à éviter que les effets de traction causés par le vent n'agissent sur les appareils auxquels cette antenne est reliée et ne viennent à les renverser.

Les isolateurs, quels qu'ils soient, doivent être tenus à l'abri de l'humidité et de la poussière ; il faut les essuyer fréquemment avec un linge sec, puis avec un linge imbibé de pétrole. Par les temps de pluie, de neige, de brouillard, on les enduit de vaseline.

Plaques de terre — Les mises à la terre au transmetteur et au récepteur doivent être établies avec le soin le plus minutieux ; elles sont à grande surface et métalliques, le zinc convient. Les plaques sont enterrées dans un bon sol et aussi près que possible du poste. Il faut les arroser fréquemment, surtout quand la terre est mauvaise (sable) ; à cet effet, on peut se servir d'un tuyau qui permet au liquide d'arriver jusqu'à la plaque. Les conduites d'eau conviennent parfaitement comme prises de terre.

Sur les rochers et dans les terrains sablonneux, on place un certain nombre de grandes plaques de métal horizontales bien reliées entre elles et avec le poste par de gros conducteurs ; au voisinage de la mer, ces plaques seront reliées par un gros conducteur à d'autres plaques mises dans le sol de la mer.

A bord des navires, la mise à la terre est obtenue par l'intermédiaire de la coque métallique dans les parties bien en contact avec la mer.

CHAPITRE III

HISTORIQUE DES PRINCIPALES EXPÉRIENCES RÉALISÉES.

§ XX. — **Historique et conclusions.** — Il nous paraît utile et intéressant de rappeler les principales expériences de Télégraphie sans fil réalisées jusqu'à ce jour ; nous ne parlerons bien entendu que de celles ayant fourni un résultat appréciable.

Juillet 1897. — A la Spezzia, des navires de guerre italiens furent munis d'appareils par Marconi : en utilisant des antennes de 22 et 34 mètres, ils communiquèrent avec la côte jusqu'à une distance de 16 kilomètres.

Juillet 1898. — Postes établis par Marconi entre Bournemouth et l'Ile de Wight (Angleterre). Mâts de 35 mètres, distance franchie 23 kilomètres.

Novembre 1898. — Expériences de E. Ducretet, à Paris, entre la tour Eiffel et le Panthéon, distance franchie 4 kilomètres au-dessus d'une grande ville.

Novembre 1898. — M. Voisenat, ingénieur des Télégraphes, obtint, dans les environs de Paris, une bonne communication à 10 kilomètres au moyen d'antennes de 40 mètres environ.

La même année, en Angleterre, on put établir une transmission de 50 kilomètres au moyen d'antennes maintenues par des ballons captifs.

Avril 1899. — Expériences dans Paris par E. Ducretet entre le Panthéon, le Sacré-Cœur et la rue de Tolbiac : distance 7 kilomètres.

Avril 1899. — Du même, communications par d essus le fort de Bicêtre entre Villejuif, hors Paris, et un poste établi dans Paris, rue Claude-Bernard (5 kilomètres).

Avril 1899. — Expériences de Marconi entre Wimereux près Boulogne-sur-Mer (France) et South-Foreland près Douvres (Angleterre), ce dernier poste étant situé sur une falaise d'environ 80 mètres d'altitude. Distance franchie : 45 kilomètres 600 au-dessus de la mer. Les antennes furent au début de 45 mètres et ensuite réduites à 37 mètres, mais elles paraissaient arriver alors à leur limite pour un bon fonctionnement ; ces antennes étaient doubles. La vitesse de transmission fut d'environ 40 lettres à la minute.

Juillet 1899. — Expériences faites, en Angleterre, à bord de navires de guerre et au moyen de ballons captifs : deux navires purent communiquer, paraît-il, à une distance dépassant 100 kilomètres.

Août 1899. — Transmissions par Popoff, en Russie, entre la côte et un croiseur et entre croiseurs. Distance franchie : 25 kilomètres ; mâts de 35 mètres, appareils Popoff-Ducretet.

Septembre 1899. — Expériences par le Lieutenant de Vaisseau Tissot, avec les appareils Popoff-Ducretet, entre le phare de Trézien (côte bretonne) et le phare du Stiff (île d'Ouessant), distance 22 kilomètres ; puis entre le phare du Stiff et celui de l'île Vierge, distance 42 kilomètres.

Hiver 1899-1900.— A la fin de l'année 1899, le cuirassé russe " *Général Amiral d'Apraxine*", ayant subi des avaries, avait été bloqué par les glaces sur les côtes de l'île de Hohland, en plein golfe de Finlande. Comme en cette saison on ne pouvait établir aucune communication entre l'île et le continent, M. Popoff fut chargé de relier rapidement ces deux points par la Télégraphie sans fil. Le 28 Janvier 1900, les deux postes étaient installés ; pour déterminer la bonne position des mâts, on s'était servi de cerfs-volants. Des dépêches furent aussitôt lancées, parfaitement reçues et transmises à l'Etat-major de la marine. Un glaçon s'étant détaché près de Zovensary avec 27 pêcheurs, un radiotélégramme signé "*Amiral Avelan*" fut envoyé au navire brise-glace *Ermack* et parvint à destination en quelques minutes ; le brise-glace put se porter de suite au secours et sauver ainsi 27 vies humaines. Cette application humanitaire de la Télégraphie sans fil fit alors sensation.

Les deux stations, Hohland et Kotka étaient séparées par une distance de 47 kilomètres ; la hauteur des mâts était de 48 mètres ; les appareils employés étaient ceux de Popoff-Ducretet. Les transmissions durèrent jusqu'au mois d'avril, pendant la durée des travaux de sauvetage du cuirassé, et 440 radiotélégrammes officiels purent être envoyés ; le dernier, long de 108 mots et transmis aux journaux, annonçait que le " *Général Amiral d'Apraxine* " était sauvé.

Pendant deux jours seulement, les appareils ne fonctionnèrent pas par suite d'orages très violents. Quant à la neige, tellement épaisse par moments qu'on ne pouvait distinguer un objet à 2 mètres de distance, elle n'empêcha nullement les transmissions.

Année 1900.— Marconi aurait relié deux stations distantes de 136 kilomètres sur mer avec 45 mètres seulement d'antennes.

Mars 1901. — Transmissions faites par Marconi entre La Panne (près Dunkerque) en Belgique, mât de 46 mètres, et le paquebot de la ligne Ostende-Douvres la " *Princesse Clémentine* ", mât de 32 mètres. La distance franchie dans la plus grande longueur fut de 75 kilomètres.

Avril 1901.— Sur mer, les mâts peuvent ne pas se voir et la sphéricité du globe n'intercepte pas les ondes.

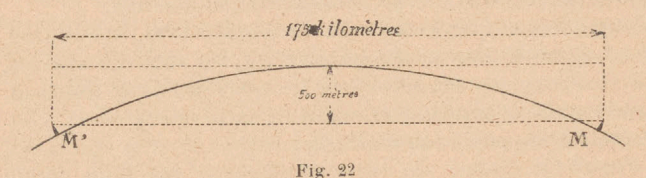


Fig. 22

Une expérience le prouve. C'est celle réalisée par Marconi entre Antibes-Biot (France) et Calvi (Corse) au-dessus de la Méditerranée, distance 175 kilomètres. Les deux mâts M et M'(fig.22) étaient placés au bord de la mer ; ils avaient, celui d'Antibes-Biot 52 mètres de hauteur et celui de Calvi 55 mètres. La couche d'eau interposée entre M et M', par suite de la courbure de la terre, avait une épaisseur d'environ 500 mètres (fig. 22).

Dans ces expériences, Marconi se préoccupa d'assurer l'accord complet entre les deux stations ; mais, malgré un certain effet sélectif, cet accord fut loin d'être réalisé : les signaux

émis purent être interceptés par des récepteurs placés à diverses distances et ne possédant aucun dispositif d'accord. Au transmetteur, l'énergie électrique était fournie par deux bobines de Ruhmkorff accouplées actionnant un transformateur de Tesla (§ XVII).

Soulignons en passant l'importance qu'il y aurait, au point de vue de la défense nationale, à relier la France à la Corse et réciproquement par la Télégraphié sans fil, ceci d'une façon permanente. L'intérêt de cette constatation n'échappera à personne. La Télégraphie optique, qui fonctionne actuellement entre la France et la Corse, n'offre pas en effet par tous les temps la sécurité de transmission désirable.

Juillet 1901.— Sur terre, le Capitaine Ferrié relie Villeneuve-Saint-Georges (altitude 95 mètres) et Neauphle-le-Château, près Saint-Cyr-l'Ecole (altitude 166 mètres). Mais, malgré la culminance des deux points choisis, malgré la distance relativement faible qui les séparait (48 kilomètres), il fallut, pour établir la communication, dresser des antennes de 100 mètres de hauteur maintenues en l'air par des ballons captifs.

Novembre 1901. — Poste de Télégraphie sans fil établi par Marconi sur "*La Savoie*", Transatlantique de la ligne du Hâvre à New-York. Des transmissions régulières,pouvant atteindre 80 à 100 kilomètres, furent échangées en cours de route entre ce Transatlantique (mât de 35 mètres) et plusieurs navires de passage ayant à leur bord des appareils de Télégraphie sans fil ; de même entre " *La Savoie* " et les postes fixes du Cap Lizard (Angleterre). Le 8 Novembre, à deux heures de l'après-midi, " *La Savoie* " se trouvait à 75 kilomètres dans l'Est de l'île de Nantucket, première terre américaine relevée par les paquebots venant de France ; un poste de Télégraphie sans fil, relié à New-York par un câble ordinaire, s'y trouvait installé depuis peu ; dès lors le paquebot français put annoncer son arrivée à l'aide de la Télégraphie sans fil dix heures avant d'entrer au port. Sans parler d'autres avantages très précieux, la Télégraphie sans fil à bord des vaisseaux offre donc aux passagers le moyen d'envoyer ou de recevoir des dépêches pendant une partie de la route, et elle assure au navire la possibilité de se mettre en communication avec d'autres paquebots en cas de détresse.

Décembre 1901.—Marconi aurait transmis quelques signaux hertziens entre le Cap Lizard et Terre-Neuve, soit une distance franchie de plus de 5.000 kilomètres ! Le signal conventionnel choisi était la lettre S (▪ ▪ ▪) et le récepteur aurait

en effet enregistré ces trois points de l'alphabet Morse ; mais, sans nier le résultat obtenu, il convient de faire remarquer que les signaux fournis par les décharges électriques de l'atmosphère se traduisent le plus souvent par des points ; le choix de la lettre S n'était donc pas des plus heureux et il eût été préférable sans conteste, ce qui n'aurait pas été plus difficile, d'expédier par exemple la lettre R (▪▬▪) ou une autre lettre convenue d'avance. Le cap Lizard, dans les Cornouailles,est situé à l'extrémité sud-ouest de la côte anglaise ; le poste, installé à cet endroit au printemps de 1901, comprenait un groupe de 20 mâts de 65 mètres de hauteur unis les uns aux autres par tout un réseau de fils conducteurs ; ces multiples antennes radiatrices étaient reliées à un puissant transmetteur dont l'énergie avait été centuplée. Le poste récepteur de Terre-Neuve, installé au lazaret de Saint-Jean sur le sommet de la colline qui domine le port du même nom, comprenait une antenne supportée par un grand cerf-volant ; le conducteur ainsi lancé dans l'atmosphère pouvait atteindre une longueur de 600 mètres. C'est uniquement pendant que le cerf-volant était à une grande hauteur que les signaux furent perçus au son, par la méthode radiotéléphonique (§ XIV) Ces essais, dont on a beaucoup parlé, coûtèrent plus de 400.000 francs ! Il faut admirer l'initiative des capitalistes anglais pour toutes ces tentatives d'applications pratiques des découvertes scientifiques.

A la suite de ses expériences entre le Cap Lizard et Terre-Neuve, Marconi entreprit sur la côte américaine la construction de deux postes destinés à communiquer avec l'Angleterre par dessus l'Atlantique, le premier installé au Cap Breton (Canada), le second au Cap Code (Massachusetts). Le poste du Cap Breton est situé à 21 mètres au-dessus du niveau de la mer et organisé de façon à produire de puissantes émissions d'ondes électriques ; il comprend quatre tours en bois hautes de 70 mètres, s'élevant aux quatre angles d'un carré de 60 mètres de côté : les sommets des tours sont réunis deux à deux par des cordages ; 150 antennes, espacées de 0m50, sont fixées à ces cordages par leur partie supérieure et réunies entre elles à leur partie inférieure à 4 mètres du sol de façon à former un câble unique qui descend verticalement jusqu'aux appareils du poste ; le système vu du haut présente ainsi la forme d'un vaste entonnoir ou d'une pyramide renversée ; les tours sont solidement haubannées pour résister aux tempêtes très violentes dans ces parages.

Tout récemment, en Juin, Juillet, Août et Septembre 1902, Marconi procéda avec succès à des essais à grande distance dont la presse du monde entier s'est occupée ; ils s'effectuèrent à bord du croiseur italien " *Carlo Alberto* " pendant le voyage que ce bâtiment fit de Naples à Cronstadt.

Ces expériences donnèrent lieu à la publication d'un rapport officiel établi par le Lieutenant de vaisseau Luigi Solari, de la Marine italienne, approuvé par Marconi, par le capitaine du croiseur, Commandant Martini et par l'Amiral Carlo Mirabello, commandant l'Escadre de la Méditerranée. La signature de ces hautes personnalités nous interdit le moindre doute au sujet des résultats, positivement merveilleux, qui furent obtenus. Aussi insisterons-nous sur ces expériences d'ailleurs récentes et par suite peu connues encore. Pour la première fois, Marconi employa au récepteur un "*Détecteur magnétique*" de son invention, instrument fort simple ne nécessitant, paraît-il, aucun réglage préalable et s'adaptant à un téléphone ; les cohéreurs habituels à limaille métallique furent conservés pour actionner l'appareil Morse.

Le nouveau "*détecteur*" de Marconi (fig. 23) est basé sur le principe suivant, connu sous le nom d'hystérésis magnétique: des barreaux minces d'acier, aimantés à saturation, subissent une désaimantation partielle lorsqu'ils sont soumis à l'action de courants de haute fréquence ; cet effet de désaimantation se produit de même sous l'action d'ondes électriques émises par un oscillateur, quand le barreau d'acier aimanté est placé dans un circuit soumis à l'influence de ces ondes. On conçoit que ce phénomène, étudié par Rutherford, ait pu être utilisé pour fournir un récepteur très sensible d'ondes hertziennes.

Voici une rapide description de cet appareil, qui fut présenté à la Société Royale de Londres par le professeur Flemming le 12 juin 1902.

Autour d'un noyau central formé de fils de fer doux F (fig.23) sont enroulés deux circuits Tr, isolés entre eux comme dans les transformateurs d'induction ; l'un est à gros fil, l'autre à fil fin. Les extrémités du premier circuit sont reliées, l'une à l'antenne réceptrice *Ca*, l'autre à la prise de terre *Ca'* ; celles du 2e circuit sont connectées aux bornes d'un téléphone T qui permet de déceler les variations de l'induction magnétique du noyau. Vis-à-vis du noyau F se trouve un aimant A en forme de fer à cheval que fait mouvoir un système d'horlogerie *Ro* ; par influence, les pôles de cet aimant agissent alternati-

vement pour produire une aimantation successivement de sens contraire en F. Les ondes hertziennes reçues par l'antenne ont pour effet d'affaiblir les courants d'induction dans le

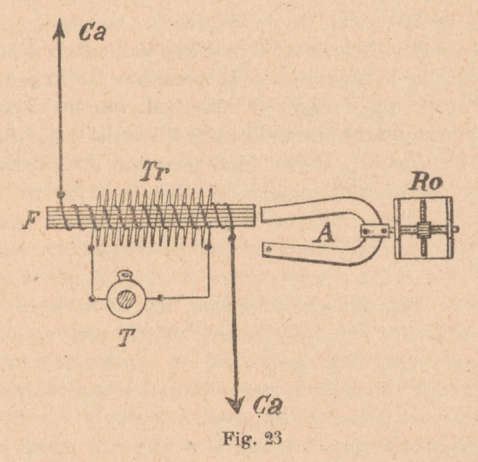


Fig. 23

circuit secondaire et un bruit particulier est perçu au téléphone. La lecture des signaux hertziens se fait ainsi au son.

Telle est l'analyse rapide du nouveau récepteur employé par Marconi, lequel serait plus sensible qu'un cohéreur à limaille. A cause de l'outillage très encombrant et très coûteux d'un très puissant appareil transmetteur, le croiseur "*Carlo Alberto*" ne fut aménagé que pour la réception ; ce poste comprit deux cohéreurs à limaille métallique du modèle ordinaire et trois détecteurs magnétiques ; un mât de perroquet supplémentaire de 16 mètres de long fut placé au bout du mât d'artimon et une quadruple antenne réceptrice, disposée en éventail, y fut suspendue ; les points d'attache étaient soigneusement isolés au moyen d'isolateurs de porcelaine et de tubes d'ébonite.

Le poste transmetteur, placé à la station de Poldhu (Cap Lizard), en Angleterre, fut installé d'après les mêmes principes que celui du Cap Breton en Amérique (*voir plus haut*); seulement 400 fils minces en cuivre étamé, au lieu de 150, formaient l'antenne radiatrice. Pendant les transmissions, la tension à laquelle ces fils se trouvaient était telle que de chacun d'eux on pouvait tirer des étincelles de 30 centimètres de longueur au moyen d'un conducteur relié au sol. L'énergie mécanique absorbée par les alternateurs puissants et les

transformateurs à haute tension était de 40 chevaux-vapeur. Aussi a-t-on pu à juste titre qualifier le poste de Poldhu de "manufacture de tonnerre".

Transmetteur et récepteur étaient accordés par tâtonnements successifs.

Parlons maintenant des résultats. Le "*Carlo Alberto*" quitta Naples le 10 juin ; le 18, arrivé dans les eaux anglaises, il reçut du Cap Lizard un message de bienvenue envoyé par Marconi lui-même. Le 26, l'habile inventeur italien vint à bord ; il revit avec soin les prises de terre et, pour les améliorer, attacha plusieurs câbles à différentes parties des machines et de la carène ; le 7 juillet, ayant tout réglé, il s'embarqua définitivement à Douvres sur le "*Carlo Alberto*" qui partit pour la Russie.

Les expériences commencèrent à 500 kilomètres du Cap Lizard et se continuèrent sans interruption jusqu'à Cronstadt où l'on arriva le 12 Juillet ; elles donnèrent en général, sinon des communications constantes et parfaites, du moins des résultats fort satisfaisants dans l'ensemble ; toutefois les décharges atmosphériques apportèrent fréquemment un grand trouble dans les signaux ; quant au " détecteur magnétique ", il se montra en général plus sensible que les cohéreurs.

Dans la rade de Cronstadt, distante du Cap Lizard de 2.600 kilomètres dont 1.300 de continent, avant la visite que devaient lui faire les souverains russes, Marconi améliora sensiblement la réception en portant à 54 au lieu de 4 le nombre des conducteurs aériens qui constituaient l'antenne.

Pendant tout le voyage de retour, ces belles expériences continuèrent avec succès et l'énergie électrique fournie par la station de Poldhu fut augmentée le plus possible. Néanmoins, dans la mer Baltique, on constata des arrêts brusques et prolongés de réception provenant de causes inconnues.

Le 24 Juillet, dans la rade de Kiel, beaucoup de dépêches furent clairement enregistrées au Morse.

Le 2 août, le " *Carlo Alberto* " arriva à Plymouth et compléta l'installation, jusqu'alors rudimentaire, des mâts qui supportaient les 54 conducteurs de l'antenne réceptrice. Jusqu'au Ferrol (Espagne) et dans ce port même, les télégrammes arrivèrent régulièrement du cap Lizard, bien que le croiseur fut mouillé au pied d'une haute colline formant obstacle. A partir du cap Saint-Vincent, l'effet de l'interposi-

tion de la terre d'Espagne entre transmetteur et récepteur se fit sentir : les communications continuèrent cependant ; même dans la partie la plus intérieure de la rade de Gibraltar, malgré 1.500 kilomètres de distance, le « *Carlo Alberto* » reçut des dépêches du cap Lizard, une entre autres provenant de la Maison Impériale de Russie et concernant la santé de la Czarine. Les résultats furent aussi heureux dans la mer Méditerranée, pendant la traversée de Gibraltar à Cagliari (Sardaigne) où le "*Carlo Alberto*" arriva le 7 septembre.

Enfin, dans le trajet de Cagliari à la Spezzia, au milieu de la mer Tyrrhénienne, deux télégrammes arrivèrent encore très distincts après avoir franchi une distance de plus de 1.800 kilomètres dont 1.000 de continent. Toutefois il a été prouvé qu'un certain nombre de dépêches échappèrent totalement aux appareils récepteurs ! Pendant toute la durée de ces expériences, la vitesse de transmission fut en moyenne de 15 mots par minute à des distances dépassant 2.000 kilomètres ; Marconi prétend même être arrivé à une vitesse de 22 mots par minute.

Voici maintenant les principales conclusions que, d'accord avec Marconi et avec l'amiral Mirabello, le lieutenant de vaisseau Solari croit pouvoir donner à la suite de ces belles expériences :

1° Il n'y a plus de limite à la propagation des ondes hertziennes sur la surface du globe à condition que l'énergie électrique mise en jeu au transmetteur soit proportionnée à la distance que ces ondes doivent franchir !

2° Les terres interposées n'empêchent pas les communications.

3° La lumière solaire amoindrit le champ de rayonnement des ondes hertziennes, et par suite leur puissance de transmission ; l'influence des décharges atmosphériques oblige à diminuer la sensibilité du récepteur de façon à l'en rendre indépendant ; dans les deux cas, pour une même distance à franchir, on est donc conduit à augmenter considérablement l'énergie électrique mise en jeu au transmetteur.

A ces conclusions du Lieutenant de vaisseau Solari, nous ne pouvons nous dispenser d'ajouter les considérations suivantes : —Il nous paraît incontestable que non seulement des signaux, mais des phrases et des dépêches entières ont franchi des distances considérables, malgré l'interposition d'obstacles de toute nature accumulés sur le passage des

ondes hertziennes ; mais il faut tenir compte de l'exceptionnelle énergie électrique mise en jeu au transmetteur et du prix très élevé qu'ont coûté ces expériences ; il ne nous semble pas qu'au point de vue pratique, commercial ou militaire, il y ait eu proportion entre l'importance des moyens employés et les résultats acquis, d'autant que, si Marconi a reçu à bord du " *Carlo Alberto* " un certain nombre de télégrammes du Poldhu, il paraît que beaucoup d'autres, envoyés dans les mêmes conditions, ne sont jamais arrivés à destination ! De plus, M. Maskelyne, qui avait établi à environ 20 milles du Cap Lizard une station de Télégraphie sans fil, affirme, avec preuves à l'appui, avoir reçu toutes les dépêches expédiées de la station de Poldhu au " *Carlo Alberto* ". On voit par ce seul fait ce qu'il faut penser de l'accord entre les postes soi-disant obtenu par Marconi.

Une autre considération s'impose : puisque les appareils de M. Maskelyne ont été influencés par ceux de Marconi, tous les récepteurs placés dans un rayon immense autour du Cap Lizard l'auraient été également ; d'où impossibilité pour d'autres opérateurs d'utiliser en même temps dans ce rayon la Télégraphie sans fil : leurs ondes auraient été noyées par celles plus puissantes émises par la station de Poldhu.

Il serait à désirer que, dans l'intérêt même de la nouvelle invention, des postes aussi puissants que ceux de Poldhu fussent réglementés, car autour d'eux, à des distances considérables, leurs ondes annihilent les autres communications d'ordre plus courant et plus pratique. Il est donc nécessaire qu'un accord international règle l'emploi de la Télégraphie sans fil.

Tout récemment le capitaine du " *Carlo Alberto* ", commandant Martini, a rendu compte au Ministre de la Marine italienne que, de par la Télégraphie sans fil, son bâtiment était resté en liaison constante avec la station de Poldhu (Cap Lizard) pendant toute la durée d'un voyage d'Angleterre au Canada. La distance de Poldhu à Sydney, en Nouvelle-Ecosse, où Marconi a encore reçu une dépêche, est d'environ 3.000 kilomètres.

Ainsi, ajoute le commandant du " *Carlo Alberto* ", se trouve confirmée la possibilité de communications pour les navires soit avec l'Amérique, soit avec l'Europe au cours de leur traversée transatlantique d'un continent à l'autre.

D'autre part, bien que Marconi affirme le réglage absolu et

exclusif de ses postes " transmetteur et récepteur " l'un pour l'autre, un journal technique anglais " *The Electrician* " assure que, pendant ces expériences, nombre de dépêches envoyées du cap Lizard furent recueillies par des stations auxquelles elles n'étaient pas destinées.

Ainsi ressortent une fois de plus, et le principal inconvénient, surtout en temps de guerre, de la Télégraphie sans fil actuelle, et la nécessité inéluctable pour la sûreté des communications d'arriver à la syntonisation absolue des appareils récepteur et transmetteur l'un pour l'autre.

Aux Etats-Unis, des postes permanents existent ; ils servent à l'instruction des élèves télégraphistes appelés à faire usage des appareils de Télégraphie sans fil. Ces postes officiels, sur terre, sont distants d'environ 55 kilomètres (Washington - Annapolis) ; ils possèdent des mâts de 55 mètres de haut ; la hauteur des collines interposées entre les postes dépasse un peu celle des mâts.

D'autres expériences intéressantes ont été réalisées par MM. Schaefer, Tommasina et par l'ingénieur Blondel. M. Slaby, professeur à Charlottenbourg, put établir de bonnes communications sur terre en accordant les postes.

Le Commandant Boulanger et le Capitaine Ferrié, avec le concours de M. Blondel, réalisèrent dans les environs de Paris d'excellentes transmissions à une distance de 24 kilomètres avec des antennes de 27 mètres.

Conclusions à tirer de ces expériences. — Il est facile de constater que les communications entre postes sur terre se font beaucoup moins loin que celles réalisées au-dessus de la mer ; Marconi, dont les expériences ont fourni les résultats les plus élevés, a presque toujours opéré dans ces dernières conditions.

Au-dessus des grandes villes comme Paris, les transmissions aux grandes distances sont encore plus laborieuses et les distances franchies s'en ressentent, à moins d'employer des antennes élevées qui, par temps d'orage, ne sont pas sans danger pour les maisons qui les supportent.

Dans les pays très secs (déserts africains par exemple) et en l'état actuel de la Télégraphie sans fil, il paraît à peu près certain qu'à moins de disposer au transmetteur d'une énergie électrique très considérable et d'antennes très élevées, on ne pourrait établir pratiquement des transmissions à plus de 60 kilomètres environ à cause de la sécheresse de l'atmos-

phère ; il serait instructif d'établir pratiquement des postes d'essais dans ces régions au point de vue de la pénétration de l'influence française dans le centre africain ; ces essais suivis seraient utiles (Voir le § XXIII).

Comme l'indique le Lieutenant de vaisseau Solari dans ses conclusions sur les récentes expériences exécutées par Marconi à bord du croiseur italien "*Carlo Alberto*" , l'action de la lumière solaire paraît diminuer sensiblement la portée des ondes hertziennes, du moins aux grandes distances. Marconi attribue ce résultat, déjà plusieurs fois constaté, à la désélectrisation des conducteurs de transmission sous l'influence de la lumière ; ce phénomène aurait pour effet de diminuer l'ampleur des oscillations électriques et par suite leur portée.

Sur mer,étant donnés des appareils connus de l'opérateur, celui-ci peut à priori dire à peu près à quelle distance il assurera les transmissions et avec quelle hauteur d'antenne.

Sur terre,au contraire, tout dépend de la situation des deux points qu'il s'agit de relier, de la nature du pays qui les sépare (plat, accidenté, nu, boisé, etc.), du nombre, de l'importance et de la position des obstacles, etc ; c'est un peu une question d'expérience et de tâtonnements qui peuvent être plus ou moins longs.

En tous cas, les expériences de Télégraphie sans fil ne s'improvisent pas : pour les réussir, il faut de l'argent, du temps et surtout de la pratique, afin d'acquérir l'habileté nécessaire au bon fonctionnement des appareils.

§ XXI. — **Expériences des Lieutenants P. Ducretet et Melin en Tunisie. — Conclusions.** — On nous permettra de consacrer quelques pages à ces modestes essais ; nous nous efforcerons d'en tirer plusieurs conclusions intéressantes pour ceux qui, à notre exemple, seraient tentés de passer de la théorie à la pratique de la Télégraphie sans fil. Les premières expériences eurent lieu à Bizerte entre deux postes, l'un sur la rive droite, l'autre sur la rive gauche du canal, l'avancée Nord de la ville étant au milieu : distance, 7 kilomètres environ.

Désirant se rapprocher le plus possible des conditions de la guerre, les opérateurs cherchèrent à aller vite et à faire simple ; ils n'utilisèrent que ce qu'ils avaient sous la main : de petites tentes pour abris, une main-d'œuvre indigène, comme supports d'antennes les mâts de signaux déjà sur

place. C'étaient, à priori, des conditions éminemment défavorables. Un des deux mâts surtout, celui de la rive droite, était fort mal placé pour de bonnes transmissions : la masse d'une colline s'interposait en effet à moins de 100 mètres de ce mât entre le transmetteur et le récepteur, de telle sorte qu'au transmetteur, la portion d'antenne efficace se trouvait réduite à environ 6 mètres. De plus, ce poste de la rive droite, à peine abrité, était au milieu d'une dune de sable. Enfin le temps fut constamment mauvais ; un jour de la pluie, le lendemain un vent violent soulevant d'épais tourbillons.

Cependant, grâce aux minutieuses mesures de détail qui furent prises (antennes multiples, capacité, isolateurs enduits de vaseline, prises de terre largement arrosées avec de l'eau et du sulfate de cuivre, etc.), les résultats furent inespérés : quelques signaux arrivèrent au Morse et la réception au radiotéléphone Popoff-Ducretet eut constamment lieu (voir § XIV). Malgré les intempéries, les appareils ne refusèrent pas une minute de fonctionner ; c'était une preuve irréfutable de leur endurance et de leur construction parfaite.

Nous tirerons de cette expérience les conclusions suivantes : 1° la masse de la colline voisine du transmetteur n'aurait pas du tout gêné les communications, même intercalée comme elle l'était entre transmetteur et récepteur, si elle s'était trouvée à une plus grande distance de l'antenne radiatrice ; nous savons en effet que si les ondes hertziennes perdent de leur portée lorsqu'elles rencontrent des obstacles, elles arrivent cependant à les contourner ; il n'est pas nécessaire que deux postes se voient pour pouvoir correspondre ; mais encore faut-il, à moins de mettre en jeu une énergie électrique très considérable, que l'obstacle ne soit pas trop près de l'un des deux postes, du transmetteur surtout ; car alors les ondes, à leur sortie de l'antenne, alors qu'elles ont encore toute leur intensité et n'ont pas eu le temps de rayonner dans l'espace, trouvent un conducteur meilleur dans la terre que dans l'atmosphère ambiante ; il y a dès lors un gros déchet.

2° Malgré la pluie, malgré les tourbillons de sable, les appareils à peine abrités ne cessèrent pas de fonctionner parfaitement. Pour une installation provisoire du temps de guerre, on aurait donc pu à la rigueur se contenter des petites tentes que les opérateurs possédaient ; mais il est incontestable que cette situation défectueuse n'aurait pu se prolonger ; le sable aurait fini par avoir raison de la délicatesse relative

des appareils. Evidemment les ondes hertziennes ne trouvent aucun obstacle dans les intempéries, mais les appareils, comme d'ailleurs ceux de la Télégraphie ordinaire, ont besoin d'être protégés, tout au moins dans une installation permanente. Il conviendrait de tenir compte de cette remarque si on se décidait à utiliser la Télégraphie sans fil dans les déserts de sable du Sud algérien ou tunisien.

L'organisation des postes ci-dessus, quoique se rapprochant beaucoup de la situation en campagne, ne doit donc pas être considérée comme définitive en temps de guerre.

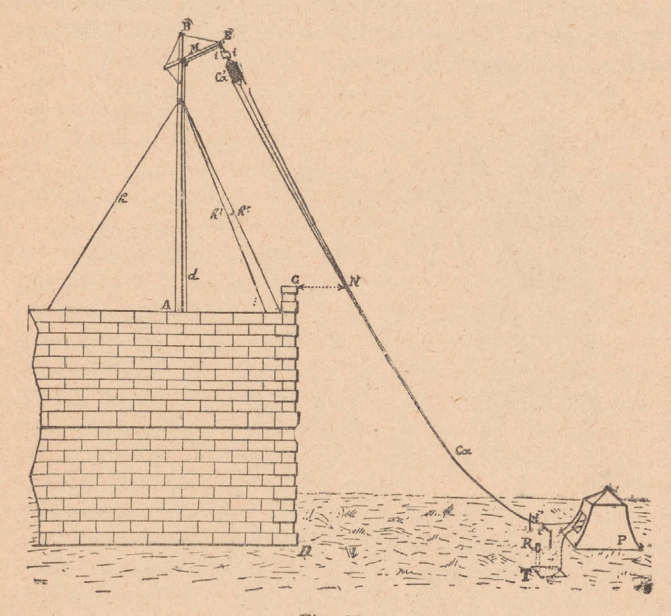


Fig. 24

La figure 24 montre un des mâts de cette installation de fortune :

CD — Mur de 10 mètres de haut.
AB — Mât de 16 » »
M — Mâtereau transversal supportant l'antenne Ca multiple à sa partie supérieure.
Ca — Capacité fixée à l'antenne et isolée en *i i*.
P — Tente portative recevant les appareils.
T — Plaque de terre avec tuyau d'arrosage R.
d — Drisse permettant d'amener l'antenne à volonté.

3° Alors que l'appareil à relais, par suite des conditions locales exposées ci-dessus ne fonctionnait qu'irrégulièrement, le radiotéléphone Popoff-Ducretet, décrit au § XIV, a donné des signaux permettant à un télégraphiste exercé de recevoir les dépêches. Cet appareil, qui constitue à lui seul un récepteur complet au son, n'a qu'un volume de quelques décimètres cubes ; il peut être porté soit à la main, soit en bandoulière comme un appareil photographique ; il permet d'augmenter la distance à laquelle on peut percevoir les signaux avec l'appareil à relais et Morse.

Les seconds essais eurent lieu entre le mât de signaux du port de Tunis et le clocher de l'église de La Goulette ; distance franchie : environ 12 kilomètres.

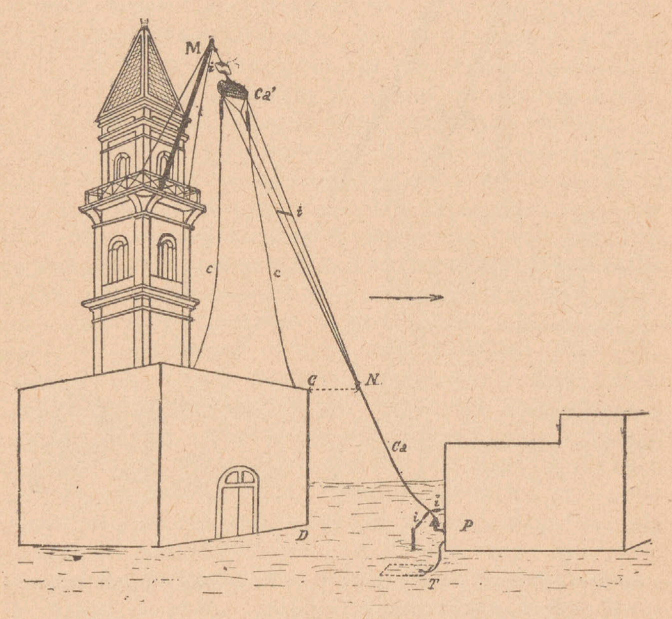


Fig. 25

N.-B. *Les détails de la figure 24 s'appliquent à cette figure 25, sauf que la capacité Ca', placée horizontalement, avait une direction voulue maintenue par les cordes cc munies d'isolants.*

Les communications furent établies en trois heures et pourtant les expérimentateurs n'avaient à leur disposition que des

équipes prises au hasard et nullement exercées. Dès le début et sans aucun tâtonnement, d'emblée, les réceptions furent absolument parfaites au Morse comme au radiotéléphone et des radiotélégrammes ne cessèrent d'être envoyés pendant deux jours en présence de nombreux spectateurs.

La figure 25 représente le poste récepteur installé à l'église de La Goulette.

Les conclusions suivantes furent tirées de ces expériences :

1° Bien que ces installations eussent été faites pour des communications de courte durée, il n'y aurait eu que peu de modifications à apporter au dispositif pour rendre chaque poste capable de fonctionner d'une façon permanente. En particulier, le placement des appareils dans un local bien disposé aurait suffi pour assurer aux transmissions une durée illimitée.

2° L'installation a été rapide (environ 3 heures) ; ce temps aurait pu être encore réduit avec des aides connaissant leur affaire. Le montage et le réglage des appareils n'entrent que pour une fraction très faible dans la durée de l'installation ; la pose du mâtereau transversal *M* (fig. 25) et l'établissement de la prise de terre constituent la partie la plus longue et la plus délicate de l'opération.

3° La capacité *Ca'* placée horizontalement (fig. 25) à chaque poste, au lieu d'être verticale comme dans les expériences faites à Bizerte (fig. 24), semble avoir donné de bons résultats : en effet l'antenne présente alors à son extrémité supérieure une surface plus grande d'émission ou de réception qu'il suffit d'orienter, au moyen de cordes isolées *c c*, dans la direction de l'autre antenne.

4° La plaque de terre T était difficile à placer verticalement dans le sol, car il fallait creuser un trou assez profond pour qu'elle fût complètement enterrée ; en outre l'eau s'infiltrant à travers la terre, seul le bas de la plaque métallique était maintenu constamment humide ; avec la plaque enterrée à plat (fig. 24 et 25), l'excavation est moins profonde et la conductibilité par l'eau mieux assurée ; donc simplification du travail et meilleure prise de terre.

5° Au début de l'expérience, bien que le ciel fût peu nuageux, certains points parasites s'inscrivirent sur le Morse, sans d'ailleurs nullement gêner la lecture des radiotélégrammes, car ces points étaient facilement reconnaissables. Ceci indiquait que le tube à limaille, étant trop sensible pour la distance à franchir relativement faible (12 kilomètres), recevait, en

plus des signaux de Tunis, ceux fournis par une perturbation atmosphérique plus lointaine. Le radioconducteur (fig. 13), fut rapidement réglé à une sensibilité moindre et les points parasites disparurent complètement.

Il paraît donc possible, tout au moins aux petites et aux moyennes distances, de régler un tube à limaille pour qu'il reçoive les ondes hertziennes d'un poste situé dans un rayon donné et ne soit que peu ou pas influencé par les signaux provenant d'une source électrique plus éloignée : il suffit de réduire la sensibilité du récepteur et s'il est possible, de faire usage au transmetteur d'une énergie plus considérable. Cette constatation semble de nature à faire rejeter, dans la pratique de la Télégraphie sans fil, les récepteurs avec radioconducteurs de trop grande sensibilité.

Pour le réglage, nous nous sommes servis du petit radiateur d'essai, ainsi que nous l'avons expliqué en détail au § XVI.

CHAPITRE IV

INCONVÉNIENTS ET AVANTAGES DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. SON EMPLOI

§ XXII. — **Inconvénients et avantages de la Télégraphie sans fil.** — La Télégraphie sans fil comme tous les systèmes de Télégraphie, a évidemment ses inconvénients ; examinons les principaux :

Le secret des dépêches n'est pas assuré d'une façon complète et le destinataire pourra ne pas être seul à enregistrer les signaux envoyés ; tout appareil récepteur, installé dans la zône circulaire de transmission, les percevra également ; le véritable remède serait dans l'accord absolu du transmetteur et du récepteur l'un pour l'autre exclusivement ; nous avons vu plus haut (§ XVII) qu'en utilisant des dispositifs analogues à ceux de Tesla, on paraissait être entré dans la bonne voie, mais que la solution complète de la question n'avait pas encore été obtenue. En attendant on peut toujours, dans les transmissions, employer un langage conventionnel avec clefs secrètes, comme cela se pratique couramment dans la Télégraphie ordinaire ; dans les pays non civilisés, là où l'ennemi ne saurait avoir de récepteurs, cet inconvénient n'existe d'ailleurs pas.

Et puis chacun sait que même dans la Télégraphie ordinaire, il n'y a rien de plus facile que de surprendre les dépêches qui circulent à travers un câble, ceci à l'insu des deux postes qui communiquent sans méfiance ; il n'est même pas besoin de couper le fil conducteur et de le relier à son propre appareil, comme le faisait le fameux Général Dewet à l'égard des Anglais pendant la guerre du Transvaal ; on peut

ne pas toucher au câble : il suffit de savoir à peu près où il est placé et de connaître sa direction ; un téléphone et deux prises de terre suffisent pour recevoir les dépêches lancées dans le conducteur (§ XXIX).

Néanmoins, il nous paraît incontestable que tant que la syntonisation entre deux appareils donnés, transmetteur et récepteur, ne sera pas obtenue d'une façon complète, l'emploi de la Télégraphie sans fil restera limité, car il sera impossible de procéder avec certitude à des communications multiples susceptibles de remplacer celles de la Télégraphie ordinaire. Comment, en effet, pourra-t-on, sans l'accord parfait des postes, faire fonctionner simultanément plusieurs transmetteurs dans un rayon donné, surtout de faible étendue, sans que les ondes émises par l'un viennent au récepteur gêner celles émises par l'autre, se superposer à elles, finalement créer une cacophonie inextricable de signaux ? Comment sans cet accord indispensable des postes deux à deux, assurer des communications multiples entre forts, navires, au-dessus des grandes villes, etc ? Aura-t-on recours pour les transmissions à des conventions d'heures par exemple ? — Ce remède sera aléatoire, insuffisant dans la plupart des cas ; d'ailleurs en temps de guerre, l'ennemi, s'il est muni des appareils nécessaires, aura toujours la ressource de troubler les dépêches au moyen de signaux intentionnellement envoyés au bon moment. Plusieurs exemples entre beaucoup :

Pendant les dernières manœuvres navales françaises, dans la Mer Méditerranée, la Télégraphie sans fil fut employée par les croiseurs éclaireurs pour renseigner le gros de l'escadre ; elle fonctionna d'abord parfaitement et rendit au commandement d'inappréciables services ; mais, lorsqu'à l'entrée du détroit de Gibraltar les navires se rapprochèrent les uns des autres, les appareils de réception placés à bord des cuirassés enregistrèrent simultanément les signaux de plusieurs croiseurs si bien que les télégrammes se brouillèrent et devinrent indéchiffrables.

Deux escadres en bloquaient une autre dans le port d'Argostoli de l'île Céphalonie, la plus grande des îles Ioniennes ; les trois forces navales possédaient des postes de Télégraphie sans fil qui auraient dû rendre les plus grands services ; mais il arriva ceci : lorsque les escadres bloquantes tentaient de se servir de leurs appareils pour se communiquer des ordres ou des renseignements, l'escadre bloquée, prévenue

par ses appareils récepteurs, mettait en action ses transmetteurs et troublait les télégrammes des adversaires par des signaux continus. Bref, malgré les recherches de Marconi en Italie, de E. Ducretet en France, de Braun, de Slaby et du comte Arco en Allemagne, d'autres encore très nombreux, nous ne pensons pas que la syntonisation absolue soit trouvée à l'heure actuelle. Dans ces conditions, il nous paraît fort difficile d'actionner simultanément plusieurs transmetteurs dans un rayon donné sans trouble pour les dépêches. Par contre, les communications d'un seul transmetteur avec plusieurs récepteurs peuvent être facilement obtenues en convenant d'un code de signaux spécial à chacun de ces derniers. Tous recevront le télégramme, mais celui-là seul auquel il sera destiné pourra le déchiffrer et le comprendre.

En temps d'orage, les décharges atmosphériques influencent les appareils récepteurs ; par expérience (§ *XXI*), nous avons pu constater que les points parasites, ainsi obtenus à l'enregistreur Morse, sont faciles à distinguer des signaux hertziens et n'empêchent pas la lecture des radiotélégrammes, à moins que l'orage ne soit ou très violent, ou très proche. A noter en passant que les récepteurs sont sensibles aux perturbations atmosphériques à des distances qui dépassent 100 kilomètres ; ceci par contre constitue un avantage au point de vue des observations météorologiques (*Voir* § *XII*).

Les antennes, dont la hauteur augmente avec la distance à franchir, sont gênantes, au point de vue militaire surtout ; elles sont visibles de loin et par suite faciles à détruire.

De plus on ne trouve pas partout, à la bonne place, des clochers, des maisons que l'on puisse utiliser comme supports d'antennes ; il faut donc se résigner à transporter et à placer des mâts parfois fort élevés, car on n'a pas souvent des ballons captifs à sa disposition et, par manque ou par excès de vent, les services que rendent les cerfs-volants sont des plus aléatoires. Il est incontestable qu'à ce point de vue, la Télégraphie sans fil tellurique, dont nous parlerons plus loin en détail, présentera de gros avantages lorsqu'elle permettra d'atteindre de grandes distances.

Des avantages de la Télégraphie sans fil. — Les ondes hertziennes franchissent l'espace à toute heure, le jour et mieux encore la nuit, en tous lieux et par tous les temps, à condition que les appareils soient suffisamment abrités ;

la pluie, le vent, le brouillard, la neige, etc. ne gênent en rien la transmission et la réception : l'humidité de l'atmosphère est même favorable ; par contre, dans les pays très secs et très chauds, la portée des ondes est certainement réduite.

Le prix des postes est relativement peu élevé, surtout si la distance à franchir est considérable, à cause de l'économie réalisée en n'employant pas de fil conducteur intermédiaire ; l'énergie électrique nécessaire au transmetteur peut toujours être produite économiquement sur place, dans le cas où des Usines d'électricité ne se trouveraient pas à proximité.

Dans la Télégraphie ordinaire, chaque kilomètre de ligne (à un seul fil) coûte au minimum 700 francs et atteint parfois jusqu'à 3.000 francs, sans parler de la pose, de la surveillance, de l'entretien du câble, de la réparation des avaries et elles sont fréquentes surtout en mer. On peut ainsi se rendre compte de l'économie réelle que permettra de réaliser la Télégraphie sans fil dans toutes les circonstances où il sera pratique de l'employer, et les cas seront nombreux. Comme l'ont prouvé nos expériences en Tunisie (§ *XXI*) l'installation des postes est extrêmement rapide, surtout par rapport à la Télégraphie ordinaire, et il n'y a pas un besoin absolu d'une main-d'œuvre spéciale ; toutefois la direction doit être vigilante.

Au point de vue militaire, il suffit d'être maître des deux points extrêmes que l'on veut faire communiquer ; peu importe que l'ennemi occupe ou non l'espace intermédiaire ! Pas de conducteurs susceptibles d'être coupés, pas de câbles à surveiller et à protéger ! Si les appareils fonctionnent bien, et leur contrôle est rapide, les communications sont toujours certaines, quelles que soient les circonstances de guerre.

Toutes choses égales d'ailleurs, les postes fixes assurent les transmissions à de plus grandes distances que les postes mobiles. Sur les navires, les trépidations de la machine, les mouvements dûs au tangage et au roulis permettent difficilement le réglage au maximum de sensibilité que les appareils peuvent donner.

Au-dessus de la mer, avec les appareils que nous avons décrits et des mâts de 50 à 60 mètres, les distances franchies peuvent atteindre 300 kilomètres entre postes fixes ; entre la côte et des navires, la distance pratique est d'environ 180 kilomètres ; ces chiffres ne sont pas une limite si l'on emploie de puissants transmetteurs.

§ XXIII. — **Emploi de la Télégraphie sans fil.** — La Télégraphie sans fil est destinée à compléter la Télégraphie optique et la Télégraphie électrique avec fil ; mais elle n'a pas la prétention de les remplacer complètement, du moins en temps de paix.

Dès maintenant, elle peut rendre les plus grands services aux Colonies, dans les pays neufs ou de communications peu sûres. Il suffira d'établir de loin en loin les postes nécessaires : on assurera ainsi à peu de frais et d'une façon certaine la transmission des dépêches.

La Télégraphie sans fil peut être très utile en campagne, les postes volants militaires étant d'un emploi rapide et facile : mais il serait urgent de dresser dès le temps de paix, au maniement des appareils, le personnel indispensable ; or, nous ne possédons pas en France d'Ecoles de Télégraphie sans fil comme il en existe dans divers pays et le nouveau règlement sur la Télégraphie militaire, paru tout récemment, ne parle même pas de la Télégraphie sans fil.

Toutefois il ne faut pas se dissimuler que, dans l'état actuel de la question, la véritable application de la Télégraphie sans fil est sur mer, pour relier la côte et les navires au large, la côte et les îles, les îles entre elles, les vaisseaux entre eux, etc : dès maintenant, elle peut donc rendre de réels services à la Marine de guerre et à celle du commerce, pour le service des phares, pour la sécurité des navires en mer et au voisinage de la terre, etc. A l'heure actuelle, sur l'ordre de l'Empereur Guillaume, le système Slaby-Arco est installé sur presque tous les navires de guerre allemands, en tout plus de quarante bâtiments au milieu desquels on distingue "*le Hohenzollern*" battant pavillon impérial.

De plus un certain nombre de stations ont été construites sur les côtes de la mer du Nord pour envoyer et recevoir les messages des navires de guerre et de commerce.

La plupart des bâtiments de la flotte française possèdent la Télégraphie sans fil à leur bord ; des postes fixes distants de 260 kilomètres ont été installés dans la Méditerranée sous l'habile direction du Capitaine de Vaisseau Arago, et du Lieutenant de Vaisseau Jehenne. Les appareils de Popoff-Ducretet sont en service en France ainsi que dans la Marine russe ; en Hollande ils assurent les communications de bâteaux-phares avec la côte et les navires au large.

On peut ainsi affirmer que la Télégraphie sans fil pourra remplacer dans beaucoup de cas les communications sous-marines par câble, par exemple entre deux points où, soit à cause de la nature du fond de la mer, soit à cause de sa profondeur, soit à cause de la violence des courants, il serait difficile et coûteux d'établir et d'entretenir une transmission par câble.

Les phares des mers intérieures seront ainsi reliés entre eux et avec les navires ; de même pour ceux des côtes.

M. Lacroix, chargé récemment d'une mission spéciale par le Gouvernement français, avec le concours du Capitaine Ferrié et de l'Ingénieur Magne, vient de relier directement par la Télégraphie sans fil la Martinique à la Guadeloupe, distantes l'une de l'autre de 185 kilomètres environ ; ces postes fixes seraient en service courant depuis le 7 décembre 1902.

Sur terre, des communications auraient été établies avec des trains de chemin de fer en marche, et les distances franchies par les ondes hertziennes auraient atteint 10 kilomètres. Ces résultats seraient très beaux si l'on tient compte des difficultés à vaincre : on sait en effet que pour transmettre des messages par la Télégraphie sans fil à une certaine distance au-dessus de la terre, il est nécessaire d'employer de longues antennes verticales ; or, sur un train en marche, à cause des ponts et des tunnels, leur emploi est impossible, il ne faut donc accepter ce qui précède que sous toutes réserves.

D'après Maxwell, la propagation d'une perturbation hertzienne, c'est-à-dire d'un courant alternatif de haute fréquence, aurait lieu dans la partie superficielle d'un conducteur ; au contraire, avec des courants continus, la transmission se ferait dans toute la masse du câble. M le Professeur Slaby a démontré qu'il était possible de recevoir en même temps, à grande distance, et par un même conducteur, deux télégrammes, l'un par les ondes hertziennes, l'autre par le système télégraphique ordinaire ; de même il est possible de conduire par un même fil des ondes électriques et un courant téléphonique. C'est certainement dans cette voie que les communications des trains en marche pourront s'établir en utilisant les fils télégraphiques des lignes qui longent les chemins de fer.

Enfin, avec l'appui officiel de l'Etat belge du Congo, une entreprise privée vient de réaliser le projet de relier Boma à

Saint-Paul par la Télégraphie sans fil. A cet effet,une mission scientifique placée sous la direction de M. de Bremaecker, Lieutenant de réserve du Génie belge, s'est embarquée à Anvers le 23 février 1902 à destination du Congo.

Dans la pensée des organisateurs, cette ligne devait comprendre trois tronçons : 1° de Boma à Banana (75 kilomètres); 2° de Banana à Ambrizette situé à 175 kilomètres plus loin dans l'Angola portugais ; 3° d'Ambrizette à Saint-Paul (170 kilomètres au-dessus de la mer). La communication Banana-Ambrizette étant la plus longue et entièrement au-dessus de la terre, se trouvait la plus difficile à réaliser ; on décida donc de commencer par l'assurer, et à cet effet les travaux furent entrepris dès la fin de Mars. Aux dernières nouvelles, les essais auraient parfaitement réussi.

Chaque poste est muni d'une antenne de 59 mètres de hauteur et de puissantes batteries de trois bobines d'induction ; un moteur à pétrole de deux chevaux 1/2 actionne une petite machine dynamo pour la recharge des accumulateurs.

Les deux autres tronçons, Boma-Banana, Ambrizette-Saint-Paul, étant situés au-dessus de l'eau, seront des plus faciles à établir ; on peut donc prévoir que, dans un court délai, le Congo belge sera doté de la première “ ligne ” terrestre de Télégraphie sans fil en Afrique (*Voir la fin du* § *XX*).

Tout ce qui précède prouve que la Télégraphie sans fil est entrée résolument dans la voie des applications ; il ne faut pas oublier qu'elle ne date que de quelques années (1895) et que tous les jours elle se perfectionne ; les résultats obtenus jusqu'ici sont assez encourageants pour qu'on puisse fonder sur elle les plus grandes espérances.

CHAPITRE V

APPLICATIONS MILITAIRES ET MARITIMES DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

§ XXIV. — **Automobiles militaires pour la Télégraphie sans fil volante.** — Pour les services improvisés de la Télégraphie sans fil en campagne, des automobiles à vapeur ou à pétrole sont dès maintenant à l'essai en Allemagne et en Russie. Ils sont employés pour le transport rapide du matériel et annexés aux services aérostatiques des armées.

Les voitures militaires peuvent être de deux sortes :

1° *Voiture militaire automobile ou à traction animale.* — Elle reçoit le groupe électrogène, d'une certaine puissance, avec moteur à pétrole de 4 chevaux 1/2 ; ce moteur est accouplé à une dynamo qui elle-même peut actionner un petit projecteur électrique de campagne. La dynamo sert également à charger la batterie d'accumulateurs qui est nécessaire au fonctionnement de l'appareil transmetteur de Télégraphie sans fil.

Outre les postes transmetteur et récepteur complets que nous avons décrits, la voiture contient des bambous de 3 à 4 mètres de longueur ; ils s'emboîtent les uns dans les autres et permettent d'obtenir très rapidement des mâts d'une hauteur de 25 mètres environ, avec traverse finale ; une drisse de pavillon reçoit l'antenne ; la fig. 19 représente ce mât démontable et d'un transport facile.

Mais le plus souvent l'antenne sera suspendue soit à un ballon captif fourni par le parc aérostatique militaire, soit à un cerf-volant puissant et démontable contenu dans la

voiture ; la fig. 26 montre cette installation. Nous avons vu au § XVIII quels sont les avantages et les inconvénients du

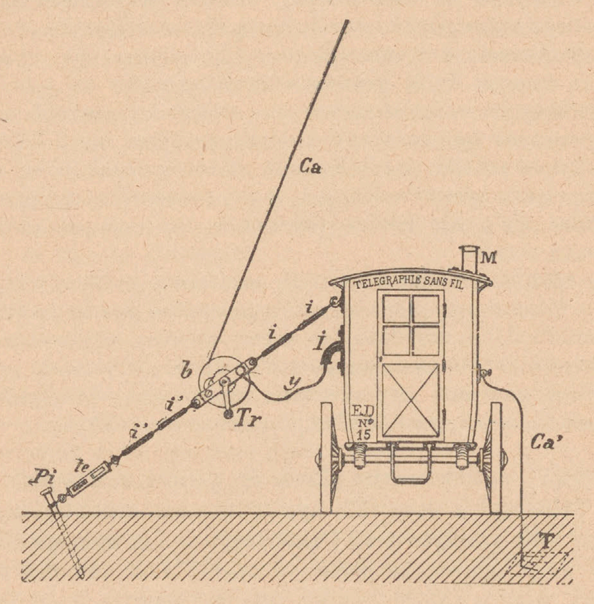


Fig. 26

cerf-volant employé pour la Télégraphie sans fil. Une bobine dévideuse Tr, recevant 400 à 500 mètres de fil fin métallique, servira à établir l'antenne collectrice-radiatrice ; cette bobine comporte une manivelle ainsi qu'un système d'arrêt à cliquet et frein. Enfin les isolateurs, plaques de terre et autres accessoires font aussi partie du matériel de la voiture (fig. 26).

Le groupe électrogène et la bobine de Ruhmkorff du transmetteur de Télégraphie sans fil pourront permettre d'obtenir les rayons X de Rœntgen en vue d'applications médicales et chirurgicales sur le terrain.

2° *Automobile à marche rapide.*—Pour les transmissions à faible distance pouvant néanmoins atteindre une dizaine de kilomètres entre des postes placés sur des points culminants il existe un matériel léger, très portatif, qui trouve sa place dans des automobiles à marche rapide ; ce matériel, créé par le Russe Popoff, peut au besoin être transporté à dos d'hommes ou de mulets dans les pays montagneux inaccessibles

aux voitures, lorsqu'il sera nécessaire d'y établir rapidement des postes volants.

Il comprend un transmetteur d'ondes hertziennes de dimensions appropriées ; une batterie d'accumulateurs permettra d'actionner ce transmetteur ; elle pourra être chargée par la dynamo de la grande voiture militaire ou par tout autre moyen. — Le récepteur sera réduit à l'appareil radio-téléphonique que nous avons décrit en détail au § XIV ; il fonctionne au son, par téléphone ; mais, comme il ne comporte pas de sonnerie d'appel, les transmissions ne peuvent se faire qu'à des heures convenues, suivant un code de signaux secret.

Le tout est contenu dans trois cantines portatives très solides. Comme complément, on dispose d'un jeu de bambous s'emboîtant les uns dans les autres et d'un cerf-volant qui servent à constituer le support d'antenne. De bonnes prises de terre pourront être obtenues rapidement avec des trous de sonde, ainsi que nous l'expliquerons au § XXX.

§ XXV. — **Défense des places de guerre et des ports. — La Télégraphie sans fil appliquée aux communications d'une ville assiégée avec l'extérieur.** — Les forts qui entourent les places ou les ports de guerre sont souvent nombreux et assez rapprochés les uns des autres. Il est incontestable qu'actuellement, et tant que la syntonisation ne sera pas obtenue, si on les munissait tous d'appareils de Télégraphie sans fil, il en résulterait à un moment donné une véritable cacophonie de signaux. Convient-il par suite de s'abstenir complètement ?—Ce n'est pas notre avis.Dès maintenant, dans chaque place ou port de guerre, on pourrait établir deux postes, en des points opposés de la périphérie par exemple.

Ces deux postes reliés entre eux communiqueraient l'un (dans le cas d'un port) avec les navires du large munis d'appareils de Télégraphie sans fil, l'autre avec l'extérieur de la place du côté de la terre ; les transmissions se feraient nécessairement suivant un code de signaux conventionnel et rigoureusement secret.

Des câbles téléphoniques souterrains assureraient la communication de ces deux postes avec les autres ouvrages et avec le réduit central de la place ; un tableau de distribution combinateur) placé en ce dernier point permettrait au Com-

mandement de correspondre à volonté, soit isolément, soit par groupes simultanés, avec les postes téléphoniques de tous les ouvrages.

Nécessairement les dispositions de détail varieraient suivant les nécessités militaires, les circonstances, le but à atteindre, la topographie des localités, etc.

On sait que, pendant la guerre franco-allemande de 1870 le constant souci des défenseurs de Paris assiégé fut de communiquer avec la province. On employa à cet effet les ballons, les pigeons voyageurs, etc ; nombreux furent ceux qui se dévouèrent pour essayer de traverser les lignes d'investissement de l'armée allemande.

Avec la Télégraphie sans fil, il paraît bien difficile qu'on puisse à l'avenir isoler complètement une place et la priver de ses communications avec l'extérieur.

Les postes d'essai « rue Claude Bernard — Parc de Montsouris », au-dessus de Paris, établis par E. Ducretet, montrent avec quelle facilité et quel succès la Télégraphie sans fil peut fonctionner dans l'intérieur d'une grande ville.

Récemment des officiers, dont le capitaine Ferrié, ayant à leur disposition une section de soldats télégraphistes, ont étudié les moyens pratiques de communiquer par la Télégraphie sans fil avec Paris dans l'hypothèse où cette ville serait assiégée. — Le ballon captif, dont ils se sont servis cubaît, paraît-il, 90 mètres , et pouvait s'élever jusqu'à une hauteur de 200 mètres. La distance franchie, sur terre, put atteindre 150 kilomètres.

Des petits ballons captifs de forme cylindrique, dits " ballons cerfs-volants ", d'environ 10 mètres cubes, pourront constituer un excellent matériel portatif pour la Télégraphie sans fil de campagne.

§ XXVI. — **Appareil automatique assurant la sécurité des navires entre eux et au voisinage des côtes par temps de brume.** — Cette application humanitaire de la Télégraphie sans fil a été réalisée en France par le Capitaine de vaisseau Moritz et en Angleterre par M. J. Gardner. Il suffit d'installer dans les phares, les sémaphores, à bord des navires, un transmetteur avec manipulateur automatique (fig. 27) dont la roue à cames Ro permet de produire des contacts intermittents pour les forts courants lancés dans l'inducteur de la bobine de Ruhmkorff ; cette roue à cames Ro est mise en mouvement soit par un rouage d'horlogerie, soit par un petit moteur

électrique M, l'un ou l'autre avec déclanchement électrique à distance ; la roue à cames comporte alors, par points et par traits, le nom du phare, du sémaphore, du navire ou tel autre mot conventionnel fixé à l'avance qui puisse indiquer aux bâtiments, par temps de brume, la nature de l'obstacle qu'ils ont devant eux. Les navires ne possédant pas de matériel de Télégraphie sans fil pourront n'avoir à leur bord que l'appareil radiotéléphonique au son décrit au § XIV

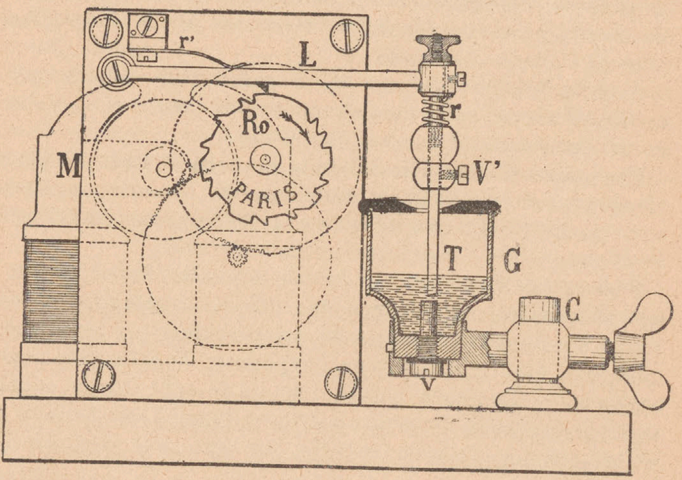


Fig. 27

et une antenne de fortune : cette installation peu coûteuse leur permettrait de recevoir les signaux de la côte et des bâtiments munis de transmetteurs ; il leur serait dès lors possible de les éviter et de reconnaître le voisinage du phare ayant mis en marche, par temps de brume, le manipulateur automatique de la fig. 27. Chacun de ces appareils possède une série de roues à cames avec inscriptions diverses.

CHAPITRE VI

LA TÉLÉGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONIE SANS FIL PAR LA TERRE OU PAR L'EAU

§ XXVII. — **Expériences de Bourbouze.** — En 1870, pendant le siège de Paris, M. Bourbouze, chef des travaux pratiques à la Sorbonne, tenta de mettre la capitale investie en communication avec la province et résolut d'utiliser la Seine comme conducteur ; à cet effet, au mois de Novembre, il fit installer une forte pile de six cents éléments sur le pont Napoléon : un des fils conducteurs fut mis en communication avec le sol, l'autre avec le fleuve, par le moyen de grandes plaques de cuivre. Un manipulateur ou clef de Morse permettait d'établir ou de rompre le courant. L'appareil récepteur qui, dans la circonstance, se réduisait à un simple galvanomètre, fut placé au pont d'Austerlitz : il était relié d'un côté au sol, de l'autre à la Seine dans les mêmes conditions qu'au transmetteur. — Toutes les fois qu'en appuyant sur le manipulateur on fermait le courant au pont Napoléon, l'aiguille du galvanomètre, préalablement ramenée au zéro, déviait fortement dans un sens au pont d'Austerlitz. Ces déviations étaient combinées de façon à former un alphabet télégraphique conventionnel dont les signaux étaient très nets.

Ces expériences furent répétées, et avec le même succès, lors de la bataille de Champigny. Cette fois, le transmetteur était installé au pont Saint-Michel et l'appareil récepteur à Saint-Denis.

Enfin un physicien, d'Alméida, quitta Paris en ballon avec

la mission de gagner les sources de la Seine pour installer en province le poste récepteur. L'armistice, qui survint alors, mit fin à ces tentatives. Elles avaient prouvé que l'eau constituait un véritable conducteur d'une conductibilité différente de celle de la terre, celle-ci servant elle-même de conducteur au courant émis par le poste transmetteur.

En 1876, Bourbouze reprit ses expériences, cette fois par le sol, et voici comment il procéda : un fil métallique avait l'une de ses extrémités reliée à une conduite de gaz, l'autre à une plaque carrée de cuivre rouge ; cette plaque était immergée dans un puits de 21 mètres de profondeur ; dans le trajet du fil se trouvait placé un galvanomètre ordinaire. A l'Ecole de Pharmacie, située à plusieurs centaines de mètres, il plaça une pile quelconque de force moyenne dont les électrodes pouvaient être mises simultanément en communication avec les conduites d'eau et de gaz de l'établissement. Chaque fois qu'un contact était ainsi établi, on constatait une déviation dans le galvanomètre du poste récepteur ; quand le contact était rompu, la déviation cessait aussitôt ; quand on renversait le courant à l'Ecole de Pharmacie, la déviation était également renversée au galvanomètre. Il n'y avait aucun fil d'envoi ou de retour entre les deux stations ainsi établies et pourtant la communication à travers le sol se faisait très bien et très vite : l'expérience était probante.

§ XXVIII.—**Expériences de W. Preece, Gavey, E. Ducretet** —En 1892, l'Ingénieur en chef anglais W. Preece, du Post-Office de Londres, transmit des dépêches à plusieurs kilomètres (5 kilomètres 300), d'une rive à l'autre du canal de Bristol ; de longs fils conducteurs étaient tendus parallèlement sur les deux rives avec plaques de terre reliées par un câble qui recevait les appareils de transmission et de réception. Les interruptions de courant, produites par l'interrupteur du poste transmetteur, étaient perçues dans le téléphone de l'appareil récepteur. On avait ainsi transmis par longues et par brèves, des signaux du Code Morse qui constituaient une véritable communication télégraphique sans fil à travers le sol.— Le galvanomètre de Bourbouze était simplement remplacé par un téléphone et la réception se faisait au son.

Au Congrès international d'électricité de Paris en 1900, l'Ingénieur en chef anglais Gavey, du Post-Office de Londres, annonça qu'il avait pu échanger une conversation télépho-

nique sans fil entre l'île Rathlin et la côte d'Irlande, soit 12 kilomètres. La distance entre les plaques de terre T T (fig.28)

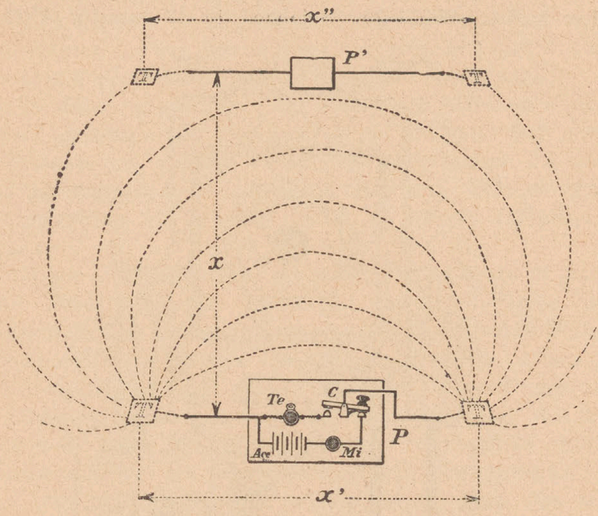


Fig. 28.

d'un même poste était sur la terre ferme de 9 kilomètres, et sur l'île Rathlin d'environ 2 kilomètres. Les deux postes étaient disposés, suivant la figure 28, pour transmettre ou recevoir à volonté la parole. Chacun d'eux comprenait, combinés (fig. 28), un interrupteur C, un microphone Mi pour transmettre, un téléphone Te pour recevoir ; les stations P et P' étaient identiques. Le schéma de la figure 28 donne exactement la formation des courants dérivés dans le milieu terre ou eau, ainsi que le jeu des organes des deux postes, P étant transmetteur.— Malgré la distance de 12 kilomètres qui séparait P de P', la parole, quoique faible, était nettement perçue.

Disons à ce propos qu'il ne faut pas confondre, ainsi qu'on le fait souvent, la Télégraphie sans fil au son par le téléphone avec emploi exclusif du Code Morse, et la Téléphonie sans fil qui permet de recevoir et de transmettre directement la parole humaine.— Bourbouze et W. Preece avaient fait de la Télégraphie, Gavey fit de la Téléphonie.— Actuellement deux de ses postes sont en permanence sur la côte Nord du pays de Galles, à 6 kilomètres 500 de distance.

S'inspirant des expériences de Bourbouze, de Preece et de Gavey, E. Ducretet a repris en France l'étude de la Téléphonie sans fil par la terre, ainsi que le constatent les Comptes-rendus de l'Académie des Sciences du 13 Janvier 1902.

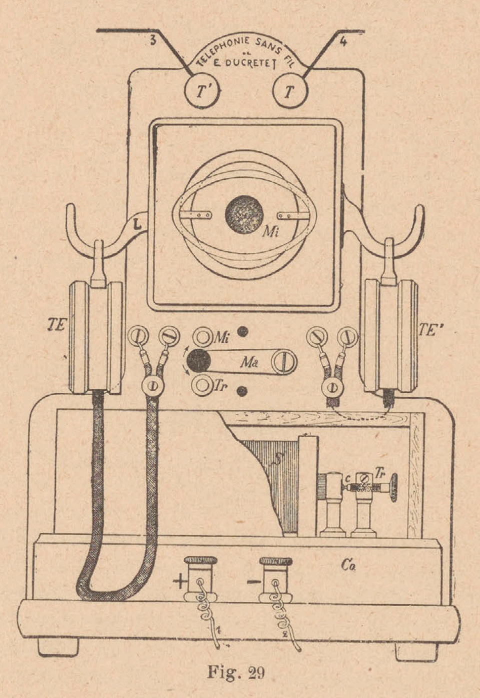


Fig. 29

Dans son dispositif (fig. 29) il emploie un microphone puissant Mi devant lequel on parle et dont les multiples vibrations produisent les courants variables au transmetteur.

Les intonations de la voix, même les plus faibles, sont ainsi transmises avec netteté et puissance.— Le courant de la pile mise en + et — (fig. 29) est transformé par une bobine d'induction S. – Chaque poste est double ; il comprend un transmetteur et un récepteur téléphonique ; une clef spéciale Ma à contacts multiples sur Mi et Tr permet d'employer la Télégraphie ou la Téléphonie sans fil, ainsi qu'il vient d'être dit, et de passer rapidement de l'une à l'autre. Les téléphones TE TE' sont disposés avec commutation automatique. Les conducteurs allant aux plaques de terre sont amenés en TT'.

§ *XXIX*.— **Observations sur la Télégraphie et la Téléphonie sans fil souterraines.** — Dans les communications sans fil à travers le sol, il paraît certain que la terre ou l'eau, suivant les cas, filtre en quelque sorte le courant d'aller et de retour nécessaire au fonctionnement des appareils ; que dans le milieu interposé x (*fig. 28*) soit la terre ou l'eau, ce courant se diffuse par des dérivations multiples qui partent du transmetteur, suivent comme intensité toutes les variations que donnent les nombreuses vibrations de la membrane du microphone et arrivent enfin au circuit téléphonique récepteur.

C'est par ces dérivations du courant dans le sol et par les effets d'induction d'un circuit sur un autre circuit voisin indépendant du premier qu'il est possible de saisir des dépêches télégraphiques ordinaires : il suffit de disposer, à peu près parallèlement à la ligne souterraine dont on veut surprendre les communications, un long fil servant d'espion relié à des plaques de terre et à un téléphone ; on recueille ainsi les signaux sans que les intéressés puissent s'en apercevoir.

Au voisinage d'un poste télégraphique, dans des villes, on peut arriver au même résultat en reliant un téléphone soit à deux plaques de terre, soit aux conduites d'eau et de gaz placées dans les maisons, à condition toutefois que ces conduites soient isolées entre elles.

Par ce qui précède, on voit que le reproche si souvent adressé à la Télégraphie hertzienne sans fil de ne pas assurer le secret des communications s'applique à la Télégraphie ordinaire avec fil ; dans les deux cas, le remède est identique : l'emploi d'un code secret avec clef s'impose s'il y a un intérêt quelconque à ce que les dépêches ne puissent être déchiffrées que par les intéressés.

Les lignes de tramways électriques peuvent, à travers le sol, transmettre à plusieurs kilomètres de distance des courants dérivés (*courants vagabonds*) dûs au retour du courant principal par la terre ; ces courants intermittents, ainsi transmis, peuvent être perçus à grande distance dans un téléphone, lorsque celui-ci est relié par un long fil conducteur linéaire à deux plaques de terre éloignées l'une de l'autre.

Plus la distance à franchir est considérable, plus dans chaque poste transmetteur et récepteur, les plaques de terre TT (fig. 28 et 30) doivent être éloignées l'une de l'autre. Cet écartement varie aussi suivant la nature du milieu x

interposé entre les postes. Sur terre, avec une base de 60 mètres, E. Ducretet a montré qu'il était possible de com muniquer entre des postes distants de 1.000 mètres avec petits bois interposés.

§ XXX.— **Applications militaires et maritimes.** — Il est incontestable que ces expériences de Télégraphie et de Téléphonie sans fil, par la terre ou par l'eau, rendront de réels services aux armées en campagne, lorsqu'elles pourront être réalisées pratiquement aux moyennes et aux grandes distances. Plus d'antennes coûteuses à transporter et à dresser comme dans la Télégraphie hertzienne sans fil ! Des postes invisibles pourront être rapidement installés en tous lieux et fonctionner par tous les temps, quelle que soit la nature du terrain interposé, bois, collines, fleuves, etc.

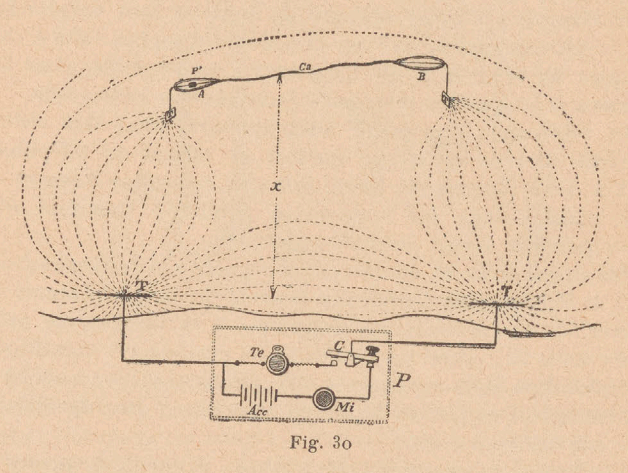


Fig. 30

Pour obtenir de bonnes prises de terre, on se servira avantageusement de longs tubes métalliques d'environ un mètre de hauteur ; ces tubes, au besoin réunis bout à bout pour augmenter la surface conductrice, seront enfoncés dans de simples trous de sonde creusés rapidement au moyen d'une tarière. Si le sol est mauvais, les plaques de terre ainsi obtenues devront être fréquemment arrosées avec de l'eau additionnée de sulfate de cuivre.

Sur mer, les plaques de terre immergées T et T pourront être placées, suivant la distance à franchir, soit aux extrémités

d'un même navire, soit sur deux navires A et B (fig. 30) reliés ensemble par un conducteur Ca ; l'appareil, transmetteur ou récepteur (fig.29) sera installé indifféremment soit en A, soit en B ; quant à l'autre poste il sera placé soit sur un autre navire, soit à la côte en P (fig. 30).

Le temps n'est pas éloigné non plus où, grâce aux systèmes qui viennent d'être décrits, les sous-marins, en mer, pourront communiquer librement avec d'autres navires et avec la côte sans aucun conducteur apparent ou immergé.

§ XXXI.— **Expériences de Pilsoudski.** — Le système de Télégraphie sans fil par ondes telluriques, que le Colonel russe de Pilsoudski a imaginé, diffère complètement de ceux que nous venons de décrire ; il utilise les ondes hertziennes, mais celles-ci, au lieu d'être lancées dans l'espace, rayonnent sous terre et viennent influencer le radioconducteur d'un poste identique à celui de la fig. 10. Nous avons décrit au § XV l'appareil transmetteur employé ; les récepteurs, soit à relais, soit du type radiotéléphonique Popoff-Ducretet, (fig. 14) sont ceux dont nous avons parlé longuement aux §§ XII et suivants. L'antenne, au lieu de se dresser dans l'air, est enfoncée dans le sol et ne comprend aux deux postes, transmetteur ou récepteur, qu'une large plaque de terre ; l'autre prise de terre est constituée par un condensateur à réglage disposé à la surface du sol.

Les expériences du Vésinet (Juillet 1901), auxquelles nous avons assisté, ont permis d'établir des communications suivies entre deux postes distants de 500 mètres et noyés au milieu d'habitations.

Toutefois, avant de tirer des conclusions définitives de ces très intéressants essais, il convient d'attendre les résultats des expériences que le colonel de Pilsoudski tente actuellement en Russie aux grandes distances.

CHAPITRE VII

CONFÉRENCE ÉLÉMENTAIRE

SUR LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Préliminaires. — On a tellement l'habitude de voir les postes entre lesquels on télégraphie reliés par des fils métalliques qu'il semble curieux au premier abord que l'on puisse supprimer cet intermédiaire. Aussi l'annonce de la Télégraphie sans fil a-t-elle causé un vif étonnement et excité à juste titre la curiosité du public dans le monde entier.

Depuis les origines de l'humanité, on sait transmettre des signaux d'un point à un autre et, par suite, exprimer à distance sa pensée dans un langage conventionnel, sans qu'il soit nécessaire d'établir un fil conducteur entre les deux stations ; c'est ainsi que, de nos jours, on opère dans la Télégraphie optique et dans la Télégraphie acoustique. Dans la Télégraphie optique on utilise les vibrations lumineuses, dans la Télégraphie acoustique les vibrations sonores; dans la Télégraphie électrique sans fil, qui fera l'objet de cette conférence, on met à contribution les vibrations électriques.

Télégraphie électrique avec fil conducteur. — Rappelons en quelques mots l'appareil de Télégraphie ordinaire. Il comprend essentiellement au poste transmetteur un manipulateur analogue au bouton d'appel de nos sonneries d'appartement. Le poste récepteur se compose d'un électro-aimant que l'on retrouve également dans la sonnerie électrique d'appartement, mais dont la palette de fer doux, au lieu de frapper sur un timbre, laisse une trace sur une bande de papier, lorsque celle-ci se déroule sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. Une pile électrique et des conducteurs

métalliques, pouvant atteindre des longueurs considérables suivant la distance à franchir, relient les deux postes ; tous nous savons que le fil conducteur de retour est dans la pratique remplacé par la terre et que le fil d'aller (fil de ligne) doit être parfaitement isolé sur des supports en verre ou en porcelaine.

Le circuit électrique étant ainsi constitué se trouve fermé lorsque nous appuyons sur le manipulateur ; dès lors la palette de l'électro-aimant est attirée et son traceur laisse, sur la bande de papier qui se déroule, soit un point soit un trait, suivant la durée « brève ou longue » de la pression sur le bouton du manipulateur. Ces signaux « brefs ou longs » combinés entre eux, constituent le Code Morse que nous allons retrouver dans la Télégraphie sans fil.

Travaux de Henri Hertz. — C'est aux travaux du professeur allemand Henri Hertz, en 1887, qu'on doit la découverte d'ondes électriques analogues aux ondes lumineuses, se propageant comme elles dans l'atmosphère avec une vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde. Néanmoins la Télégraphie sans fil, dont le vingtième siècle verra l'épanouissement, ne serait sans doute jamais entrée dans le domaine de la pratique sans une découverte essentielle faite en 1890 par le professeur français Branly.

Découverte de Branly. — Voici en quoi consiste cette découverte : dans un tube de verre Br (fig. 6) entre deux tampons métalliques E E' servant d'électrodes, on place un peu de limaille métallique L ; ceci fait, on introduit ces électrodes dans un circuit électrique comprenant une pile P et un galvanomètre G.

Dans ces conditions, le circuit est fermé par la limaille L, et l'aiguille du galvanomètre devrait dévier fortement. Or on constate que le courant de la pile P ne passe pas dans le circuit : en effet l'aiguille du galvanomètre ne bouge pas ; le circuit se comporte donc comme s'il était ouvert : la limaille métallique L, dont les grains infiniment petits semblent à l'œil se toucher, ne conduit pas le courant : elle est isolante.

Vient-on, dans le voisinage du tube et même à distance, à faire jaillir une étincelle, par exemple en e avec une bouteille de Leyde Co : instantanément le courant passe dans le circuit de la pile P, comme le prouve l'aiguille du galvanomètre déviée ; les ondulations électriques, émises par l'étincelle et transmises à travers l'espace, sont arrivées au contact des

électrodes E E', entre lesquelles se trouve la limaille L et aussitôt celle-ci est devenue conductrice : sa grande résistance initiale est tombée brusquement et la conductibilité ainsi acquise se conserve un certain temps après l'arrivée de l'onde.

Mais vient-on à frapper même légèrement sur le tube Br, instantanément la limaille L, cessant d'être conductrice, revient à sa grande résistance électrique initiale et le courant ne passe plus dans le circuit. Nouvelle onde émise, nouveau courant dans le circuit et les mêmes causes peuvent indéfiniment produire les mêmes effets.

Le tube à limaille T, appelé par Branly radioconducteur, par l'Anglais Lodge cohéreur, est donc un révélateur d'ondes hertziennes d'une extrême sensibilité.

Appareil récepteur.— Dans les premières expériences de Branly, le choc sur le tube Br (fig. 6) destiné à rendre à la limaille L sa résistance initiale pour lui permettre de recevoir une nouvelle onde, se faisait à la main. En remplaçant le galvanomètre par un relais télégraphique Re (fig. 6 et 8) très sensible, son électro-aimant E,par l'attraction de la palette de fer doux, ferme en i un circuit local comprenant la pile P' et l'électro-aimant E F avec frappeur ; dès lors celui-ci agit automatiquement sur le tube Br lorsque la limaille L devient conductrice sous l'influence d'une onde électrique transmise à travers l'espace. Un appareil Morse R M, ajouté au circuit de P , enregistre à leur arrivée les ondes par points et par traits si ces ondes ont été émises au départ par "brèves ou longues"; ces radiotélégrammes se lisent suivant le Code Morse, ainsi qu'il a été dit plus haut pour laTélégraphie électrique avec fil.

Ce récepteur avec frappeur automatique est dû au Russe Popoff qui l'inventa en 1895.— Pour augmenter la sensibilité du tube à limaille, Popoff, dès cette époque, recommandait de relier une des électrodes à la terre, l'autre à la tige d'un paratonnerre isolé ou simplement à un fil métallique se dressant le long d'un mât : c'est l'origine de l'antenne collectrice.

En 1900, Popoff et E. Ducretet démontrèrent que la limaille du radioconducteur peut être remplacée par des tiges métalliques reposant librement sur des électrodes fixes E E (fig.14); les premiers ils rendent pratique la méthode radiotéléphonique sans frappeur, toutes les ondes reçues étant perçues au téléphone (fig. 14).

Appareil transmetteur.— Le transmetteur comprend généralement une bobine de Ruhmkorff Bo (fig. 15) et un oscillateur de Hertz E e e'.

La bobine de Ruhmkorff est un véritable transformateur de l'énergie électrique permettant, au moyen d'un courant de grande intensité produit par une source P de faible force électromotrice, d'obtenir dans un circuit induit i i' (fig. 5) une force électromotrice considérable susceptible de fournir de longues étincelles ; ceci lorsque le courant qui circule dans l'inducteur I I' est périodiquement interrompu et rétabli par le jeu du trembleur interrupteur T (fig. 5). Les étincelles qui jaillissent sont à succession brève ou longue suivant la durée des contacts d'un manipulateur Ma intercalé dans le circuit inducteur I I' (fig. 5 et 15).

A la bobine de Ruhmkorff est adjoint l'oscillateur de Hertz E (fig. 15) qui constitue une sorte de diapason électrique à oscillations très rapides Henri Hertz a démontré expérimentalement que les étincelles qui jaillissent entre e e' produisent environ 50.000 000 d'oscillations électriques par seconde ; ces oscillations donnent lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable dont les effets peuvent être observés à distance ; elles jouissent de toutes les propriétés des ondes lumineuses dont elles ont la vitesse de propagation, environ 300.000 kilomètres par seconde ; comme elles, elles se réfléchissent, se réfractent, sont arrêtées par les corps conducteurs, traversent les corps isolants ; etc.

La puissance de l'oscillateur de Hertz est très sensiblement augmentée en mettant une de ses sphères en communication avec la terre, l'autre avec un conducteur isolé formant capacité, c'est l'antenne radiatrice.

Antennes. – Nous avons parlé d'antenne radiatrice au transmetteur pour lancer les ondes à travers l'espace, d'antenne collectrice au récepteur pour les recueillir ; dans la pratique de la Télégraphie sans fil, une seule et même antenne remplit alternativement les deux fonctions ; elle est constituée généralement par un câble de fils de cuivre le plus souvent supporté par un mât M (fig. 19) dont il est bien isolé ; la hauteur des mâts varie ordinairement entre 25 et 60 mètres suivant la distance à faire franchir aux ondes et la nature du milieu interposé entre les postes.

Des mâts multiples avec conducteur de liaison sont avantageux pour les transmissions aux grandes distances. (fig. 20, 21) La force de propagation des ondes, et par suite leur portée, dépendent de la puissance de la bobine de Ruhmkorff; pour

augmenter cette portée on peut accoupler entre elles plusieurs bobines et faire usage d'alternateurs industriels.

Pour éviter la pose d'un mât, il est avantageux de se servir comme supports d'antenne des tours, clochers, phares, etc. ; on peut aussi employer un ballon captif ou même un simple cerf-volant.

Les mises à la terre au transmetteur et au récepteur doivent être établies avec un grand soin ; elles sont à grande surface.

Syntonisation des postes.— Nous savons que par un phénomène dit de résonance, un diapason vibrant peut, à distance, mettre en mouvement un autre diapason, mais à la condition que les deux instruments soient identiques et bien accordés. Par analogie est-il possible de syntoniser le récepteur et le transmetteur de nos postes de télégraphie sans fil, de façon à rendre exclusives les communications entre eux ? — L'importance d'un semblable réglage serait capitale au point de vue du secret des dépêches. Théoriquement cet accord est possible ; pratiquement on n'a pas pu jusqu'ici arriver à une solution complète de la question, à cause surtout de l'extrême sensibilité des tubes radioconducteurs employés : à défaut d'une syntonie parfaite, on a néanmoins obtenu un meilleur réglage des appareils et une réception à de plus grandes distances en faisant usage au transmetteur de dispositifs modifiant la capacité et la self-induction du circuit, et au récepteur de dispositifs analogues ayant pour effet de faire varier la période d'oscillation de l'antenne.

Inconvénients de la Télégraphie sans fil—Malgré les récents travaux de Marconi, le secret des dépêches ne nous paraît donc pas assuré d'une façon complète et le destinataire peut ne pas être seul à enregistrer les signaux envoyés ; c'est là évidemment le principal inconvénient de la Télégraphie sans fil, le reproche le plus sérieux qu'on puisse lui adresser. Hâtons-nous d'ajouter que, même dans la Télégraphie ordinaire avec fil, il n'y a rien de plus facile que de surprendre les télégrammes qui circulent à travers un câble, ceci à l'insu des deux postes qui communiquent; il n'est même pas besoin de couper le fil conducteur et de le relier à son propre appareil comme le faisait le fameux Général Dewet à l'égard des Anglais pendant la guerre du Transvaal ; on peut ne pas toucher au câble, il suffit de savoir à peu près où il est placé et de connaître sensiblement sa direction ; un simple conducteur placé dans le voisinage, avec prise de terre et

téléphone intercalé dans ce circuit " espion " suffira pour entendre les dépêches qui circulent dans le câble voisin.

Les antennes, dont la hauteur augmente avec la distance à franchir, constituent un autre inconvénient de la Télégraphie sans fil, car elles sont gênantes, visibles de loin et par suite faciles à détruire. De plus, on ne trouve pas partout, à la bonne place, des maisons, des clochers, etc. que l'on puisse utiliser comme supports d'antennes ; il faut donc se résigner à transporter et à placer des mâts parfois fort élevés, car on n'a pas souvent des ballons captifs à sa disposition et, par manque ou par excès de vent, les services que rendent les cerfs-volants sont des plus aléatoires.

Avantages de la Télégraphie sans fil.— Les ondes hertziennes franchissent l'espace à toute heure, le jour et mieux encore la nuit, en tous lieux et par tous les temps ; à condition que les appareils soient suffisamment abrités,la pluie, le vent, le brouillard, la neige, etc, ne gênent en rien la transmission et la réception ; l'humidité de l'atmosphère paraît même favorable ; par contre, dans les pays très secs et très chauds, la portée des ondes est réduite.

Le prix des postes est relativement peu élevé et leur installation est extrêmement rapide.

Enfin, avec la Télégraphie hertzienne, pas de câbles à acheter, à poser, à entretenir, à réparer ! Si les appareils fonctionnent bien, les communications sont certaines en toutes circonstances.

Applications de la Télégraphie sans fil.— La Télégraphie sans fil est destinée à compléter la Télégraphie optique et la Télégraphie électrique avec fil,mais elle n'a pas la prétention de les remplacer complètement,du moins en temps de paix.Dès maintenant, elle peut rendre les plus grands services aux Colonies,dans les pays neufs et de communications peu sûres ; c'est ainsi que tout récemment une ligne a été établie au Congo entre Banana et Ambrizette, distance 175 kilomètres sur terre, par les soins de M. de Bremaecker, Lieutenant de réserve du Génie belge. C'est ainsi également que M. Lacroix, chargé par le gouvernement français d'une mission spéciale avec le concours du Capitaine Ferrié et de l'Ingénieur Magne vient de relier directement par la Télégraphie sans fil la Martinique à la Guadeloupe, soit une distance franchie de 185 kilomètres entre postes fixes.

La Télégraphie sans fil peut être très utile en campagne, les postes volants militaires étant d'un emploi rapide et facile. Toutefois il ne faut pas se dissimuler que, dans l'état actuel de la question, la véritable application de la Télégraphie sans fil est sur mer, pour relier la côte et les navires au large, la côte et les îles, les îles entre elles, les vaisseaux entre eux, etc. : dès maintenant elle peut rendre de réels services à la Marine de guerre et à celle du commerce, pour le service des phares, pour la sécurité des navires en mer et au voisinage de la terre, etc.

C'est ainsi que, sur l'ordre de l'Empereur Guillaume, le système Slaby-Arco a été installé sur la plupart des navires de guerre allemands.

De plus un certain nombre de stations ont été construites sur les côtes de la mer du Nord pour envoyer et recevoir des messages hertziens.

Sont en outre pourvus des appareils de transmissions et de réception plusieurs paquebots transatlantiques.

La plupart des bâtiments français possèdent la Télégraphie sans fil à leur bord ; il en est de même en Angleterre ; en Russie les appareils Popoff-Ducretet sont en service courant.

Enfin la Télégraphie sans fil pourra remplacer dans beaucoup de cas les communications sous-marines par câble, par exemple entre deux points où, soit à cause de la nature du fond de la mer, soit à cause de sa profondeur, soit à cause de la violence des courants, il serait difficile et coûteux d'établir un fil conducteur entre les deux stations.

Tout ce qui précède prouve que la Télégraphie sans fil est entrée résolument dans la voie des applications ; il ne faut pas oublier qu'elle ne date que de quelques années (1895) et que, tous les jours, elle se perfectionne ; les résultats obtenus jusqu'ici sont assez encourageants pour qu'on puisse fonder sur elle les plus grandes espérances.

Expériences de Marconi à bord du "Carlo-Alberto";

Pour terminer, il nous reste à dire quelques mots des expériences réalisées par Marconi de Juin à Septembre 1902 à bord du croiseur italien "*Carlo-Alberto*"; le Rapport officiel qui en fut la conséquence nous interdit d'élever le moindre doute à leur sujet.

Le poste transmetteur était placé à la station de Poldhu, (Cap Lizard), dans les Cornouailles, à l'extrémité Sud-Ouest de la Côte anglaise ; l'appareil récepteur se trouvait sur le

"*Carlo-Alberto*". Le croiseur quitta Naples le 10 Juin : le 18, arrivé dans les eaux anglaises, il reçut du Cap Lizard un message de bienvenue envoyé par Marconi lui-même : celui-ci s'embarqua le 7 Juillet à Douvres sur le "*Carlo-Alberto*" qui partit pour la Russie.

Les expériences commencèrent à 500 kilomètres du Cap Lizard et se continuèrent sans interruption jusqu'à Cronstadt, soit une distance maxima d'environ 2.600 kilomètres dont 1.300 de continent ; elles donnèrent en général, sinon des communications constantes et parfaites, du moins des résultats fort satisfaisants dans l'ensemble. Pendant tout le voyage de retour de Cronstadt à La Spezzia, le "*Carlo Alberto*" communiqua avec le Cap Lizard dans d'excellentes conditions : en particulier des dépêches furent reçues à Kiel (Allemagne), au Ferrol (Espagne), à Gibraltar (1500 kilomètres de distance) malgré l'interposition de montagnes et de continents. Tout en tenant compte de l'énergie électrique considérable dépensée au transmetteur et de la grande multiplicité des antennes, il faut reconnaître que les résultats obtenus ont été remarquables ; il est à souhaiter que ces expériences soient renouvelées avec le contrôle désirable ; telles qu'elles ont été réalisées, la valeur des transmissions ordinaires par les câbles transatlantiques n'en reste pas moins entière à notre avis.

CHAPITRE VIII.

TABLEAU DES SIGNAUX MORSE APPLIQUÉS AUX RADIOTÉLÉGRAMMES

LETTRES

a	.-	n	-.
b	-...	o	---
c	-.-.	p	.--.
d	-..	q	--.-
e	.	r	.-.
é è	..-..	s	...
f	..-.	t	-
g	--.	u	..-
h	....	v	...-
i	..	w	.--
j	.---	x	-..-
k	-.-	y	-.--
l	.-..	z	--..
m	--	ch	----

CHIFFRES

1	.----	6	-....
2	..---	7	--...
3	...--	8	---..
4	....-	9	----.
5	.....	0	-----

Barre de fraction ------

PRINCIPAUX SIGNES CONVENTIONNELS

Souligné.	..--.-
Appel.	-.-.-.-
Compris, reçu	...-.
Erreur	....
Fin de transmission	.-.-.
Attente	.-...
Invitation à transmettre . .	-....-.
Réception terminée . . .	.-..-..-.

Observation.— En Télégraphie sans fil, la manipulation est un peu plus lente qu'en Télégraphie électrique ordinaire : la bande du Morse étant réglée à une vitesse de déroulement de 75 à 80 centimètres de longueur à la minute, il faut arriver à transmettre pendant ce même temps environ 12 fois le mot *Paris.*

Le premier exercice consiste à faire des points égaux et réguliers ; l'espace qui sépare un point d'un autre devant être égal à la longueur d'un point, la main restera également levée et baissée pendant la manipulation ; on augmente graduellement la vitesse qui d'ailleurs s'acquiert rapidement avec l'habitude ; quand, au début, on manipule trop vite, c'est au détriment de la régularité des signaux. On s'exerce ensuite à faire des traits, également égaux et réguliers : les traits doivent avoir la longueur de trois points et l'intervalle de séparation a la longueur d'un point. Le troisième exercice se compose de traits et de points : on s'exerce d'abord lentement, puis on augmente peu à peu la vitesse. On reproduit l'alphabet Morse en le lisant sur un modèle, enfin on s'habitue à répéter de mémoire chaque lettre ou signal.

L'espace qui sépare les signaux d'une même lettre est égal à un point ; l'espace entre deux lettres d'un même mot est égal à 3 points ; l'espace entre 2 mots à 5 points.

La lecture au son des signaux Morse s'apprend rapidement.

P. DUCRETET

(*Fin*)

